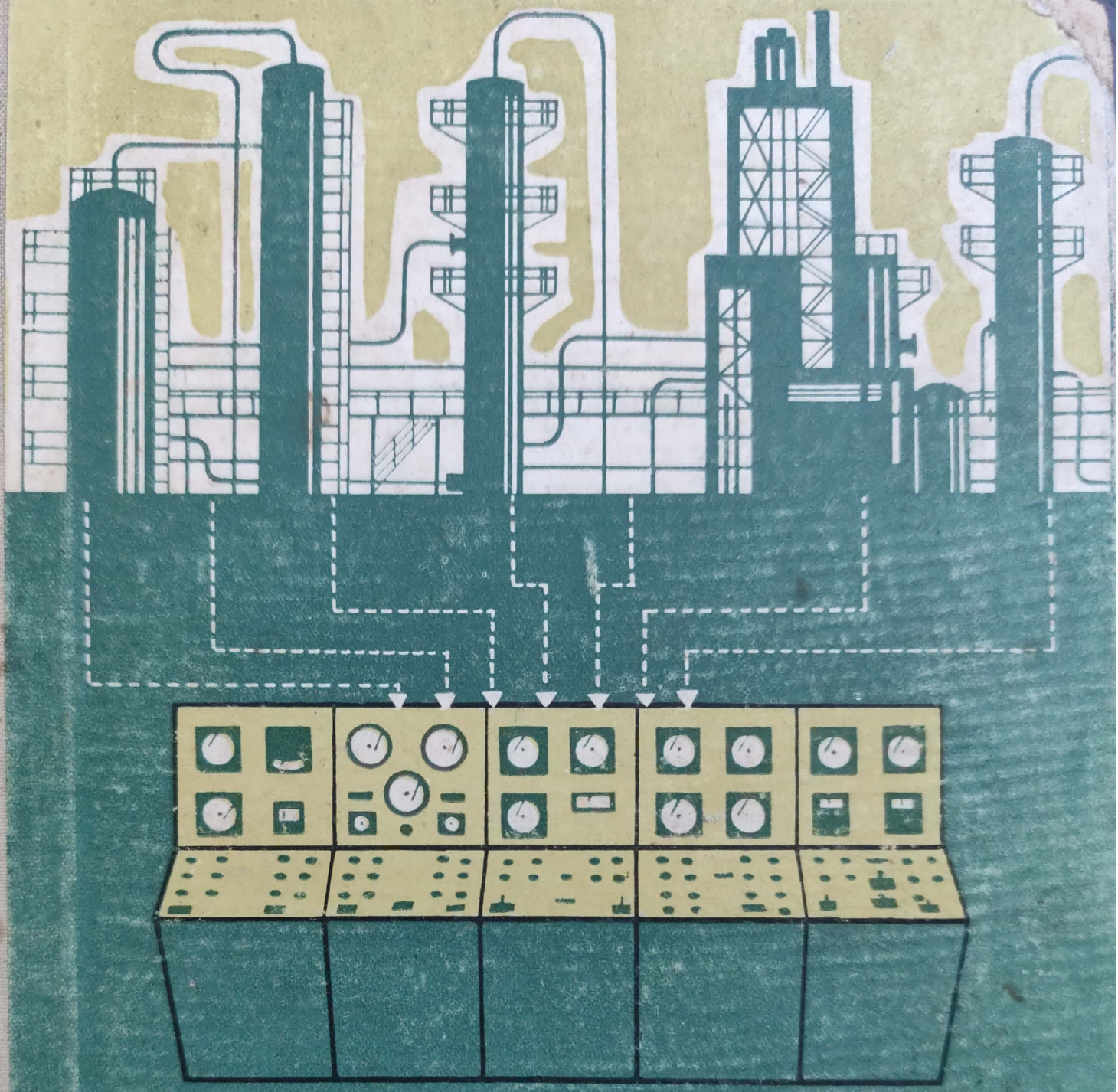


I. GRIGORIU • L. BADEA

CONTROLUL ȘI REGLAREA AUTOMATĂ ÎN TEHNOLOGIILE CHIMICE

EDITURA TEHNICĂ

Scanned with OKEN Scanner

Ing. L. BADEA ★ Ing. I. GRIGORIU

1-03-61

CONTROLUL
ȘI
REGLAREA AUTOMATĂ
ÎN
TEHNOLOGIILE CHIMICE

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI — 1959

Scanned with OKEN Scanner

În carte sînt analizate metodele de măsurare, elementele dispozitivelor de reglare automată, instalațiile de telemăsură și telecomandă, regulatoarele automate, schemele de reglare folosite în principalele tehnologii chimice, prescripțiile tehnice de montaj și tehnica reparării aparatelor de măsurat, control și reglare folosite în uzinele chimice.

Pentru inginerul de exploatare a instalațiilor de reglare automată a proceselor tehnologice au fost date criteriile de stabilitate a sistemelor de reglare automată care permit analiza reginului tranzitoriu.

Cartea este destinată celor care doresc a se specializa sau informa asupra alegerii, folosirii și verificării instalațiilor de automatizare în industria chimică și cele înrudite.

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚA

Dezvoltarea considerabilă a industriei chimice din țara noastră în ultimii ani, precum și perspectivele dezvoltării acesteia într-un ritm intens în următorii ani, implică instalații moderne capabile să asigure o mare cantitate de produse de o calitate superioară.

Cu ajutorul U.R.S.S., într-un viitor apropiat vor intra în funcțiune mari unități ale industriei chimice, ca de exemplu Combinatul petrochimic de la Borzești cuprinzînd două instalații de cracare catalitică, o fabrică de cauciuc sintetic, o secție de fenol, o secție de acetonă, o fabrică de sodă caustică electrolitică, o fabrică de policlorură de vinil, o secție de insecticide și o secție de ierbicide, Uzina de sodă calcinată de la Govora și Fabrica de îngrășăminte azotoase de la Roznov. Vor fi de asemenea terminate: Fabrica de fibre sintetice relon de la Săvinești, secția de policlorură de vinil de la Uzinele Chimice Turda, secția de îngrășăminte azotoase și secția de fenol de la Combinatul chimic din Făgăraș etc.

Atenția deosebită pe care partidul și guvernul o acordă industriei chimice este ilustrată concludent de faptul că în anul 1959 i se repartizează 20% din volumul total al investițiilor industriale, reprezentînd cu aproximativ 50% mai mult decît în anul 1958.

În expunerea făcută la ședința plenară a Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn din 26—28 noiembrie 1958, referindu-se la ridicarea continuă a nivelului tehnic în toate ramurile economiei, tov. Gh. Gheorghiu-Dej arată: „Mecanizarea complexă și automatizarea proceselor de producție va trebui să ia o extindere din ce în ce mai mare în industria siderurgică, în construcții de mașini, în chimie, petrol și gaze, în industria alimentară". În continuare, referindu-se la principalele sarcini, se arată că una din direcțiile în care trebuie îndreptate eforturile principale în domeniul dezvoltării economiei naționale este „intensificarea măsurilor de introducere a tehnicii moderne și de extindere a automatizării în industrie, dezvoltarea cooperării între întreprinderi și a specializării lor în producție în vederea atingerii unor indici tehnico-economici superiori, la nivelul tehnicii mondiale".

Automatizarea industriei chimice implică în mod obligatoriu controlul și reglarea automată a tuturor parametrilor tehnologici care asigură funcționarea instalațiilor și desfășurarea normală a operațiilor de producție.

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea prezentă este întocmită pentru inginerii și tehnicienii chimiști. În carte se expun principalele elemente de control și reglare automată a proceselor chimice, necesare în cercetare, proiectare, montaj și exploatare.

Prin apariția acestei cărți se umple un gol resimțit în literatura tehnică din sectorul industriei chimice. Editura Tehnică va continua să publice și alte lucrări în domeniul automatizării industriei chimice, care vor contribui la realizarea sarcinilor trasate de partid și guvern.

EDITURA TEHNICĂ

Scanned with OKEN Scanner

TABLA DE MATERII

Pag.

Prefață 3
Introducere 7

1. **Noțiuni de metrologie** 11
   1.1. Metode de măsurare 11
   1.2. Regimul de deviație permanentă 14
   1.3. Regimul de deviație tranzitorie 17
   1.4. Erorile aparatelor de măsurat 18
   1.5. Influența factorilor externi 20
   1.6. Elementele mecanice ale aparatelor 21
   1.7. Elementele optice ale aparatelor 24
   1.8. Elemente de calcul a aparatelor de măsurat 25
   1.9. Aparate înregistratoare 26

2. **Schemele structurale ale sistemelor de reglare automată** 29
   2.1. Metode de automatizare 29
   2.2. Alegerea schemelor structurale de reglare automată continuă 31
   2.3. Alegerea schemelor structurale cu comandă prin salturi . . 38

3. **Elementele dispozitivelor de automatizare** 44
   3.1. Elementele receptoare ale dispozitivelor de automatică . . 45
   3.2. Elementele intermediare ale dispozitivelor de automatică . . 70

4. **Telemăsurarea și telecomanda** 74
   4.1. Sisteme de transmitere la distanță a unghiurilor 74
   4.2. Sisteme de urmărire 77
   4.3. Sisteme de măsurare automată 80
   4.4. Semnalizarea automată a indicațiilor 85
   4.5. Comanda automată 86
   4.6. Protecția automată 87
   4.7. Sisteme de automatică și telemecanică 88
   4.8. Sisteme de telemăsurare 91
   4.9. Telecomanda și telesemnalizarea 97

5. **Reglarea automată a parametrilor în procesele chimice** 98
   5.1. Introducere 98
   5.2. Denumirile și noțiunile de bază ale reglării automate . . . 98
   5.3. Modul de funcționare al regulatoarelor automate 109
   5.4. Clasificarea regulatoarelor automate 111
   5.5. Elementele constructive ale regulatoarelor automate . . . 113
   5.6. Descrierea principalelor regulatoare automate folosite în procesele chimice 136
   5.7. Regulatoarele automate pentru montaj în cascadă 173

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

5.8. Reglarea automată după program 174
5.9. Montajul şi anexele regulatoarelor automate 175
5.10. Alegerea regulatoarelor automate în procesele chimice . . . 180
5.11. Verificarea şi punerea la punct a regulatoarelor automate . 182
5.12. Aplicaţiile reglării automate la procesele chimice 184

6. Sistemele de reglare folosite în unele tehnologii chimice 215

6.1. Schema de control şi reglare a industriei sodei calcinate . . 215
6.2. Schema de control şi reglare a industriei sodei caustice de caustificare 225
6.3. Schema de control şi reglare a industriei sodei caustice electrolitice 230
6.4. Schema de control şi reglare a fabricării acidului sulfuric . 239
6.5. Schema de control şi reglare a industriei de superfosfat . . 246

7. Montarea aparatelor de măsurat şi reglare 252

7.1. Organizarea lucrărilor de montaj 252
7.2. Succesiunea lucrărilor de montaj 254
7.3. Lucrările de montaj cu caracter general 256
7.4. Lucrările de montaj a tablourilor şi construcţiilor metalice . 263
7.5. Lucrările de montaj a elementelor de măsurat la utilaje şi pe conducte 264
7.6. Lucrările de montaj a aparatelor de măsurat, control şi reglare 269
7.7. Montarea aparatelor pe tablouri în camerele de comandă . 270
7.8. Montarea conductelor de impuls, de protecţie, pneumatice şi a capilarelor 271
7.9. Încercările instalaţiilor după montaj 275
7.10. Protecţia muncii la lucrările de montaj 279
7.11. Reţete recomandate 281

8. Repararea aparatelor de măsurat şi reglare 284

8.1. Sarcinile secţiei AMC 284
8.2. Operaţiile generale de reparare ale AMC 286
8.3. Repararea termometrelor 291
8.4. Repararea debitmetrelor 307
8.5. Repararea manometrelor 309
8.6. Repararea analizoarelor de gaze 311

Bibliografie 315
Index alfabetic 317

Scanned with OKEN Scanner

INTRODUCERE

Tehnologiile chimice moderne sînt caracterizate prin viteză, precizie, stabilitate şi calitate a produsului care nu mai pot fi asigurate dacă executarea, comanda sau supravegherea procesului tehnologic se face direct de către operator.

Automatizarea proceselor tehnologice din uzinele chimice constă azi din asamblarea unor operaţii parţiale de comandă într-un proces automat cu succesiune continuă. Se obţine astfel o mărire a capacităţii de producţie a utilajelor şi instalaţiilor, reducerea personalului de deservire şi se realizează consumuri minime de materii prime, combustibil şi energie electrică.

Studiul automatizării proceselor şi tehnologiilor chimice se impune tehnicienilor din proiectarea, montajul şi exploatarea uzinelor chimice noi sau a uzinelor ce se modernizează prin aplicarea tehnicii noi. Scopul acestui studiu este însuşirea modului tehnic şi economic cel mai eficace în care se poate realiza automatizarea parţială sau totală a unui proces sau a unei tehnologii. Este necesar ca studiul automatizării să fie precedat de studiul amănunţit al utilajului chimic şi al procesului de producţie.

Greutatea cea mai mare în realizarea automatizării unei tehnologii chimice constă însă în întocmirea raţională a schemei de automatizare şi în alegerea justă a utilajului de măsurat, control şi reglare.

Schemele de reglare trebuie să îndeplinească în uzinele chimice funcţiuni complexe, combinate în timp şi variind în funcţie de parametri exteriori. În afară de funcţiunile lor de bază se cere ca ele să îndeplinească şi funcţiunea de autocontrol.

Tehnologul trebuie să precizeze următoarele elemente de bază ale schemei de reglare:

— condiţiile de funcţionare ale schemei de reglare;

— denumirea elementelor de reglare, stabilirea numărului şi legăturilor dintre elemente;

— caracteristicile tehnice ale elementelor schemei ce sînt condiţionate de siguranţa de funcţionare a schemei sau de comportarea în timp a ei;

— analiza funcţională a schemei în caz de deranjamente.

Proiectantul unei scheme de automatizare definitivează schema din punct de vedere constructiv.

Lucrarea de faţă, elaborată pe baza documentaţiei sovietice în domeniul automatizării, conţine noţiunile de bază privind sinteza şi analiza unor scheme de reglare automată a proceselor şi tehnologiilor chimice pentru a permite determinarea structurii schemei care să satisfacă condiţiile de funcţionare impuse.

În capitolul I, Noţiuni de metrologie, se reamintesc metodele de măsurare directe şi indirecte, care permit clasificarea aparatelor de măsurat. Studiul

Scanned with OKEN Scanner

regimului de deviaţii permanente foloseşte la precizarea elementelor ce influenţează factorul de calitate la aparatele industriale normale, portative sau înregistratoare. Studiul regimului de deviaţii tranzitorii este necesar pentru alegerea regimului de amortizare. Analiza erorilor absolute, relative şi accidentale ajută la aprecierea influenţei factorilor exteriori asupra preciziei aparatelor de măsurat, control şi reglare folosite în uzinele chimice.

Expunerea sumară a calculului elementelor mecanice ale aparatelor permite tehnicienilor din exploatare să execute recondiţionarea acestora cu menţinerea caracteristicilor iniţiale obţinute la uzinele furnizoare.

Deoarece uzinele chimice au nevoie să-şi confecţioneze în ateliere proprii o serie de aparate speciale unicate, impuse de necesităţile locale ale procesului tehnologic, s-a considerat utilă expunerea pe scurt a metodologiei de calcul a aparatelor de măsurat.

Se insistă asupra aparatelor înregistratoare care tind să se generalizeze în uzinele chimice în urma reglării automate a procesului tehnologic.

Capitolul II, prezintă schemele structurale ale sistemelor de reglare automată, insistînd asupra sistemelor cu comanda prin salturi.

În capitolul III, Elementele dispozitivelor de automatizare, sînt reamintite elementele receptoare, elementele de transformare şi elementele executoare folosite normal în schemele de reglare din uzinele chimice.

Socotite ca elemente primare, sînt analizate traductoarele pentru mărimi mecanice, termice, optice, electrice şi magnetice, insistînd însă mai mult asupra traductoarelor proprietăţilor fizico-chimice a corpurilor, care sînt folosite curent în tehnologiile chimice. Avînd în vedere specificul sectorului chimic, în lucrare au fost analizate traductoarele cu transformări intermediare bazate pe existenţa relaţiilor univoce între parametrii de bază şi parametrul auxiliar.

Crearea de combinate chimice integrate tehnologic a făcut utilă analiza dezvoltată a elementelor intermediare care asigură amplificarea, stabilizarea şi transformarea valorilor acţiunilor şi, mai succint, a distribuitorilor.

În capitolul IV, Telemăsurarea şi telecomanda, sînt expuse sistemele de transmisie la distanţă a unghiurilor, sistemele de urmărire, sistemele de comandă prin relee, sistemele de control automat, semnalizarea automată a indicaţiilor, comanda automată şi protecţia automată care se aplică din ce în ce mai mult în uzinele chimice ce se modernizează prin realizarea controlului centralizat al parametrilor şi comanda de la distanţă.

Analiza succintă a sistemelor de telemecanică şi telemăsură este destinată informării cititorilor asupra tendinţei tehnicii moderne în acest domeniu. Telecomanda şi telesemnalizarea sînt mijloace tehnice de care dispune azi operatorul din industriile chimice pentru a putea stăpîni procese tehnologice complexe realizate în instalaţii dispersate teritorial şi spaţial.

Capitolul V, Reglarea automată a parametrilor în procesele chimice, conţine denumirile şi noţiunile de bază ale reglării automate, modul de funcţionare al regulatoarelor automate, clasificarea elementelor constructive;

Scanned with OKEN Scanner

descrierea principalelor regulatoare automate folosite în procesele chimice, montajul și anexele regulatoarelor automate, alegerea regulatoarelor automate în procesele chimice, verificarea și punerea la punct a regulatoarelor automate și aplicațiile reglării automate la procesele chimice.

Tipurile de regulatoare automate descrise sînt cele mai frecvent utilizate în procesele chimice moderne. S-a insistat asupra descrierii funcționale a regulatoarelor automate neținîndu-se seama de nenumăratele particularități constructive ale acestora, deoarece s-ar fi mărit considerabil volumul lucrării.

Aplicațiile reglării automate tratate în partea finală a capitolului sînt cele mai reprezentative pentru procesele chimice, iar soluțiile alese, corespunzătoare practicei industriale moderne.

În capitolul VI sînt analizate sistemele de reglare folosite în tehnologiile chimice (soda calcinată, soda caustică de caustificare, soda caustică electrolitică, acid sulfuric și superfosfat) cu scopul de a informa pe tehnicieni asupra condițiilor minime pe care le pretinde tehnica modernă de la un sistem de reglare.

Pentru fiecare tehnologie au fost indicate schemele de control centralizat, local sau de la distanță, comanda de la distanță și telesemnalizarea. S-a făcut o prezentare minimală a procesului tehnologic din secția respectivă pentru a putea aprecia legătura care există între schema de măsurat, control și reglare și schema tehnologică. Indicarea poziției tablourilor de aparate indicatoare și înregistratoare într-o uzină construită în R.P.R. ajută pe proiectant la soluționarea unui caz similar. Același rol îl are indicarea soluțiilor de alimentare cu energie electrică, aer comprimat sau ulei sub presiune.

La aparatele chimice de bază au fost indicați parametrii ce se măsoară fără a se arăta valorile uzuale. O deosebită atenție a fost acordată semnalizării și indicării regulatoarelor fără a intra în amănunte, deoarece descrierea lor s-a făcut anterior. Pentru aparatele de măsurat folosite ca traductoare s-a dat numai tipul lor cel mai indicat în punctul respectiv fără a se descrie în detaliu.

În capitolul VII au fost date elementele de organizare a unui șantier pentru montarea aparatelor de măsurat și reglare la o uzină chimică.

Se insistă asupra lucrărilor de montaj cu caracter general dînd sub formă de tabele valorile indicative pentru instalațiile curente din uzinele chimice.

Lucrările de montaj ale tablourilor și construcțiilor metalice sînt analizate pe scurt pentru a indica datele de care trebuie să se țină cont la lucrările de montaj a aparatelor de măsurat, control și reglare — asupra cărora s-a insistat în mod deosebit.

În partea finală a capitolului sînt date noțiunile de bază privind încercările instalațiilor după montaj, care trebuie cunoscute de diriginții de șantier care vor recepționa lucrările executate de întreprinderea de montaj. Se insistă asupra măsurilor de protecția muncii ce trebuie luate la lucrările de montaj.

Scanned with OKEN Scanner

La sfîrşitul capitolului sînt indicate cîteva reţete pentru prepararea în atelier a cleiurilor, pastelor, chiturilor, materialelor de împachearea presetupelor şi cernelurilor — care se folosesc normal la operaţiile de montaj şi reparare.

În capitolul VIII, Repararea aparatelor de măsurat şi reglare, sînt indicate sarcinile secţiilor AMC din uzinele chimice şi schema minimă a unei astfel de secţii.

Operaţiile de reparaţii ale aparatelor de măsurat, control şi reglare sînt expuse succint ca operaţii generale şi apoi mai detaliat ca operaţii specifice reparării termometrelor, debitmetrelor şi analizoarelor de gaze. Pentru fiecare tip de aparat sînt indicate operaţiile din care constă reparaţia, cauzele defectării aparatului, verificările preliminare şi finale ale aparatelor reparate.

Lucrarea are drept scop să ajute pe proiectant, montator şi inginerul de exploatare în munca tehnică de mare răspundere, de a alege o schemă de reglare, de a monta şi a exploata o instalaţie chimică automatizată în condiţii tehnico-economice optime.

Deoarece Editura Tehnică a publicat o serie de lucrări de specialitate tratînd operaţiile de măsurare a diferiţilor parametri, uzuali şi în tehnologiile chimice, nu s-a insistat prea mult asupra acestui capitol.

Scanned with OKEN Scanner

1. NOȚIUNI DE METROLOGIE

1.1. METODE DE MĂSURARE

A măsura o mărime înseamnă a o compara cu o mărime de același fel luată convențional drept unitate de măsură. Rezultatul măsurătorii este un număr, care arată raportul dintre mărimea de măsurat și unitatea de măsură.

Măsură se numește reproducerea materială a unității de măsură a unei fracțiuni sau multiplu a acesteia.

Aparatele de măsurat sînt dispozitivele cu ajutorul cărora se compară mărimea de măsurat cu unitatea de măsură.

Metodele de măsurare prin care se compară două mărimi de același fel se clasifică astfel:

1. Metode de măsurare directă:

a) metode de citire directă;

b) metode de comparație;

— metoda de zero;

— metoda diferențială;

— metoda substituției.

2. Metodele de măsurare indirectă.

Metodele de măsurare directă, cu citire directă, permit determinarea mărimii de măsurat după indicațiile unui aparat de măsurat, etalonat în valori ale mărimii de măsurat.

Metodele de comparație permit determinarea mărimii de măsurat prin compararea directă a mărimii respective, cu o unitate de măsură.

Metoda de zero se bazează pe acțiunea mărimii de măsurat sau a unei mărimi legate funcțional de aceasta, care este redusă la zero prin acțiunea unei mărimi cunoscute de același fel.

Metoda diferențială se caracterizează prin măsurarea cu aparatul a diferenței dintre mărimea căutată și cea cunoscută.

Metoda substituției folosește substituirea mărimii de măsurat printr-o mărime cunoscută, fără a se produce variații în indicațiile aparatului de măsurat.

Metodele de măsurare indirectă permit determinarea mărimii căutate, prin calcul, pe baza măsurării altor mărimi și a valorii raportului dintre mărimile care pot fi măsurate și mărimea căutată.

Cea mai răspîndită metodă în practică este metoda de citire directă fiindcă este simplă și necesită puțin timp pentru efectuarea măsurării.

Rezultate precise se obțin cu metoda de zero, care necesită însă mai mult timp pentru efectuarea măsurării și folosește aparate complicate și scumpe.

Scanned with OKEN Scanner

Aparatele de măsurat se clasifică astfel:

a) aparate de măsurat tip:
   — etaloane (primare, secundare, terțiare);
   — model (clasa întîi, a doua și a treia);
b) aparate de măsurat de lucru:
   — aparate de măsurat de laborator;
   — aparate de măsurat tehnice.

Aparatele de măsurat tip sînt utilizate pentru reproducerea și păstrarea unităților de măsură sau pentru verificarea și etalonarea aparatelor de măsurat.

Aparatele de măsurat etaloane sînt utilizate pentru reproducerea și păstrarea unor unități cu maximum de precizie, care poate fi obținută în condițiile actuale ale tehnicii măsurărilor.

Aparatele de măsurat model, cu precizie limitată, sînt aparate cu precizie mai mică decît precizia metrologică și sînt utilizate în practică la verificarea și etalonarea aparatelor de măsurat de orice fel.

Aparatele de măsurat de laborator sînt utilizate în operațiile de laborator.

Aparatele de măsurat tehnice sînt utilizate în cazurile cînd se cere o anumită precizie de măsurare dinainte stabilită.

Valoarea nominală a măsurii este valoarea marcată pe măsura respectivă.

Valoarea reală a măsurii este valoarea determinată cu aparate de măsurat model.

Eroarea absolută a măsurii este diferența dintre valoarea nominală și valoarea reală a măsurii.

Indicația aparatului de măsurat este valoarea brută a mărimii măsurate indicată direct de către aparat.

Corecția aparatului de măsurat este diferența dintre valoarea reală a mărimii de măsurat și indicațiile aparatului.

Valoarea reală a mărimii de măsurat se obține prin adunarea algebrică a corecției cu indicațiile aparatului.

Coeficientul de corecție a aparatului este o cifră cu care trebuie înmulțită indicația aparatului de măsurat, pentru a obține valoarea reală a mărimii măsurate.

Eroarea relativă a aparatului de măsurat este raportul, exprimat în procente, dintre eroarea absolută a aparatului și valoarea reală a mărimii de măsurat.

Eroarea relativă redusă a aparatului este raportul, exprimat în procente, dintre eroarea absolută a aparatului și limita superioară de măsurare a aparatului.

Eroarea admisibilă a aparatului este eroarea relativă redusă maximă pe care o poate avea aparatul în conformitate cu standardele, instrucțiunile sau regulamentele.

Precizia aparatului de măsurat se numește gradul de exactitate a indicațiilor acestuia și se apreciază prin eroarea admisibilă a acestuia.

Scanned with OKEN Scanner

Verificarea aparatului de măsurat se numeşte procesul de determinare a erorii aparatului.

Variaţia indicaţiilor aparatului de măsurat este diferenţa maximă obţinută experimental dintre diferite indicaţii repetate ale aparatului, corespunzătoare aceleiaşi valori reale a mărimii de măsurat, cînd condiţiile exterioare rămîn aceleaşi.

Stabilitatea aparatului de măsurat este gradul de invarianţă a indicaţiilor acestuia cînd se măsoară aceeaşi valoare a unei mărimi în aceleaşi condiţii.

Eroarea sistematică este eroarea care la măsurători repetate ale mărimii respective rămîn neschimbate sau variază după o anumită lege. Ea poate fi datorită următoarelor cauze:

— imperfecţia sau deranjarea aparatelor de măsurat;
— montarea incorectă a aparatelor de măsurat;
— imperfecţia metodelor de măsurat;
— erorile personalului experimentator.

Eroarea întîmplătoare este acea eroare care este variabilă ca valoare sau semn fără a urma o relaţie cunoscută, deoarece se datoreşte influenţei diferitelor cauze întîmplătoare asupra rezultatelor măsurării.

Greşelile operatorului reprezintă erorile care schimbă în mod vizibil rezultatele măsurătorilor.

Eroarea relativă maximă posibilă la măsurarea mărimilor după indicaţiile directe ale aparatului se determină prin înmulţirea erorii admisibile a aparatului cu raportul dintre valoarea nominală a aparatului şi valoarea găsită a mărimii măsurate.

Eroarea relativă maximă posibilă a unei mărimi determinate prin calcul în cazul metodei indirecte este egală cu suma erorilor absolute a mărimilor măsurate împărţită la diferenţa acestor mărimi.

Media aritmetică a unui şir de măsurări, executate în condiţii identice, se consideră valoarea cea mai probabilă a mărimii măsurate, deoarece erorile întîmplătoare, identice ca mărime absolută, dar de semne diferite, se produc frecvent la un număr mare de măsurări.

Eroarea probabilă este acea eroare care va împărţi erorile întîmplătoare în cazul măsurării repetate, astfel ca jumătate să fie ca mărime absolută mai mică, iar cealaltă jumătate mai mare.

Rezultatele măsurătorii se notează

$$A = A_0 \pm A_{op} \tag{1.1}$$

în care:

A_0 este valoarea cea mai probabilă calculată cu relaţia:

$$A_0 = \frac{A_1 + A_2 + A_3 \ldots + A_n}{n}; \tag{1.2}$$

A_{op} este eroare probabilă absolută calculată cu relația:

$$A_{op} = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{(\Delta A_1)^2 + (\Delta A_2)^2 + \ldots + (\Delta A_n)^2}{n(n-1)}}; \qquad (1.3)$$

$\Delta A_n = A_n - A_0$ este eroarea separată a diferitelor măsurători;
n — numărul măsurătorilor.

1.2. REGIMUL DE DEVIAȚIE PERMANENTĂ

Cercetarea aspectului calitativ al fenomenului și determinarea relațiilor calitative dintre mărimile fizice, care participă la fenomenele naturii, se bazează pe procesul măsurării.

Cele mai numeroase aparate destinate măsurărilor sînt aparatele cu citire directă care se compun din dispozitivul de măsurat și schema de măsurare.

Schema de măsurare are rolul de a transforma mărimea măsurată în altă mărime, care să fie percepută direct de dispozitivul de măsurat. Mărimea intermediară creează în dispozitivul de măsurat forțe mecanice, care deplasează echipajul mobil al dispozitivului de măsurat. Deplasarea echipajului mobil se urmărește cu ajutorul unui indicator și astfel se poate deduce valoarea mărimii măsurate.

Echipajul mobil al dispozitivului de măsurat are de obicei o mișcare de rotație în jurul unui ax și este prevăzut cu un ac indicator pentru citirea unghiului de rotire, care se numește deviație. Schema de măsurare mai îndeplinește și funcțiunile de lărgire a domeniului de măsurare, compensarea erorilor etc. și condiționează împreună cu dispozitivul de măsurat prin proprietățile și parametrii ei relația dintre deviație și mărimea măsurată.

Erorile maxime admisibile datorită schimbării condițiilor exterioare și proprietăților dispozitivului de măsurat sînt fixate la următoarele clase: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5, care indică procente din limita superioară de măsurare a aparatului.

Pentru ca fiecărei valori a mărimii măsurate să-i corespundă o anumită deviație, se echilibrează cuplul activ produs de mărimea măsurată cu un cuplu antagonist care depinde de unghiul de rotire și care este produs de un arc spiral, de forța gravitației sau de forțe magnetice.

Cînd se strică echilibrul apare un cuplu stabilizant, egal în valoare cu diferența dintre cuplul activ și cuplul antagonist, și care tinde să readucă echipajul mobil în poziția de echilibru. Cuplul stabilizant trebuie să învingă frecarea în reazeme, pentru ca indicațiile aparatului să fie precise.

Curbele cuplurilor se determină experimental prin metoda dinamometrului sau prin metoda contragreutății așezată pe acul indicator.

Se preferă aparatele cu scală uniformă, adică cu o caracteristică liniară, fiindcă în acest caz eroarea absolută de măsurare este aceeași pe toată scala, iar citirea este la fel de precisă pentru orice deviație.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea analitică a caracteristicii scalei este în general imposibilă, deoarece nu se cunoaște expresia analitică a curbei cuplului activ și de aceea la proiectarea aparatelor se recurge, în majoritatea cazurilor, la metoda grafică arătată în fig. 1.1. Prin metoda experimentală se găsesc curbele cuplurilor active la valorile 20, 40, 60, 80 și 100% din valoarea maximă.

Din originea coordonatelor se duce o dreaptă care trece prin punctul de intersecție a curbei cuplului activ maxim cu ordonata deviației maxime și care reprezintă dreapta cuplului antagonist. Intersecțiile cu curbele cuplului activ reprezintă pozițiile de echilibru ale echipajului mobil și prin paralele la axa ordonatelor se obțin diviziunile scalei corespunzătoare valorilor alese.

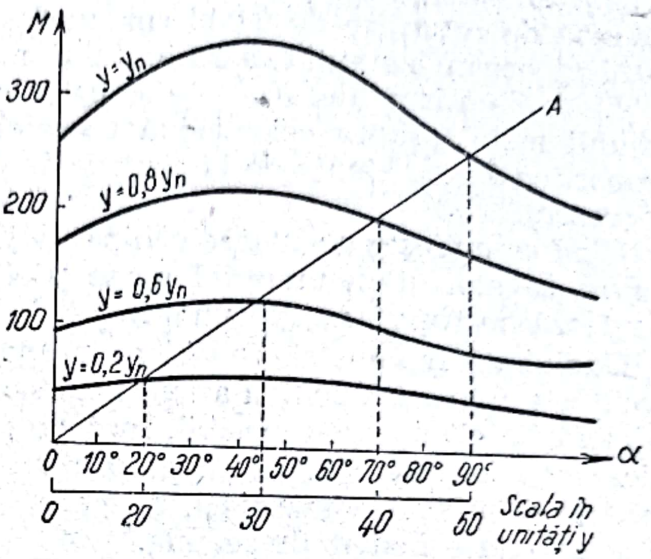


Fig. 1.1. Metoda grafică pentru determinarea caracteristicii scalei:
M — cuplul activ; α — deviația; y_n — valoarea maximă; y — valoarea la care s-au făcut măsurători experimentale; A — dreapta cuplului antagonist.

Echipajul mobil se fixează pe fire de suspensie și crapodine de agat. În reazeme se nasc forțe de frecare care împiedică mișcarea echipajului mobil sub forma unui cuplu de frecare orientat întotdeauna în sens opus rotirii echipajului mobil. Poziția de echilibru a echipajului mobil, determinată de egalitatea cuplului activ și a celui antagonist, se realizează înaintea poziției normale, iar eroarea datorită frecării va fi cu atît mai mică, cu cît cuplul stabilizant specific va fi mai mare și cu cît cuplul de frecare va fi mai mic. Cuplul de frecare depinde de dimensiunile și materialul vîrfurilor și lagărelor, precum și de starea suprafeței lor. El este influențat accidental de zguduituri, griparea lagărelor și umiditate. În calcul se ia numai variația în poziția reală de echilibru a echipajului mobil, egală cu dublul erorii maxime, datorită frecărilor care s-au observat în condițiile reale de lucru.

Frecarea în cazul axului vertical depinde de rotunjimea vîrfului care trebuie să asigure eforturi admisibile în material și o frecare minimă. Greutatea echipajului mobil se repartizează ca presiune numai pe lagărul inferior și se lasă un joc între vîrful de sus și lagărul superior, pentru ca echipajul mobil să se poată deplasa liber, mai ales în cazul schimbării temperaturii mediului, cînd dilatările inegale pot duce la înțepenirea axului. Lagărele aparatelor se fac sub forma unei adînciturii conice rotunjite în fund, în formă de sferă, iar vîrful are o formă tronconică cu capul rotunjit de asemenea după o sferă.

Sub acțiunea greutății echipajului mobil, vîrful și lagărul se deformează formînd o suprafață de contact circulară a cărei rază depinde de greuta-

tea echipajului, de modulul de elasticitate a materialului și de raza de rotunjire. Cuplul de frecare este proporțional cu coeficientul de frecare, cu greutatea echipajului mobil și cu raza suprafeței de contact. Vîrfurile se construiesc din oțel cu 1—1,2% carbon sau dintr-un aliaj cu 75% cobalt și 25% tungsten, ca să reziste la eforturi de 20 tf/cm² care apar la vîrfurile cu rază de rotunjire de 0,003 cm, montate în lagăre de agat cu raza de 0,015 cm pentru o greutate a echipajului mobil de 1 g.

La axele orizontale, frecarea se calculează în ipoteza că greutatea echipajului mobil asupra celor două reazeme orizontale se distribuie invers proporțional cu distanța de la centrul de greutate a echipajului mobil pînă la reazem.

Cînd se mărește greutatea echipajului mobil se mărește și raza fusului pentru ca efortul în material să se păstreze constant. Axul orizontal se montează pe fusuri sau pe vîrfuri.

Cuplul de frecare se consideră proporțional cu greutatea echipajului mobil la puterea 1,5 pentru ax vertical sau orizontal. Se urmărește ca jocul axial să fie cît mai mic posibil, raza de rotunjire a vîrfului să fie cît mai mică, iar raza de rotunjire a lagărului să fie cît mai mare. La aparatele de precizie se preferă ax vertical, care are frecare mai mică. Vîrfurile aparatelor solicitate mai mult se ung.

Factorul de calitate este o mărime caracteristică a aparatului și reprezintă inversul erorii datorită frecării. Practic, el se calculează cu relația:

$$A = \frac{10 \cdot M_{90°}}{G^{1,5}} \qquad (1.4)$$

în care:

$M_{90°}$ este cuplul arcului la răsucirea lui cu 90°, exprimat în g/cm;
G — greutatea echipajului mobil, în g.

La proiectarea aparatelor se tinde să se obțină valori cît mai ridicate ale factorului de calitate prin micșorarea greutății echipamentului mobil, alegerea rațională a elementelor constructive și mărirea cuplului stabilizant. Se consideră satisfăcătoare următoarele valori ale factorului de calitate practic:

— aparate industriale normale	1 — 1,5
— aparate care lucrează la zdruncinături	1,5 — 2,0
— aparate de dimensiuni mici	1,5 — 2,0
— aparate portative	0,3 — 0,7
— aparate înregistratoare	5,0 — 15

La proiectarea aparatelor cu ax orizontal se va căuta să se mărească factorul de calitate, deoarece au cuplul de frecare mai mare.

Zguduirile aparatelor sînt provocate de șocuri și vibrații care se produc după legea oscilațiilor armonice. La șocurile de durată, forța de contact a corpului mobil cu cel fix este proporțională cu accelerația, iar la șocurile de scurtă durată, efortul în material, în momentul contactului, nu va fi proporțional cu accelerația. În cazul oscilațiilor armonice provocate de vibrații trebuie precizată amplitudinea, accelerația și frecvența vibrațiilor.

Scanned with OKEN Scanner

Accelerațiile pot să atingă 20—30 m/s², adică de 2—3 ori valoarea accelerației gravitației. Frecvența vibrațiilor practice variază între 20 și 100 Hz. Amplitudinea oscilațiilor este 0,25 m la frecvențe ridicate și pînă la 3 mm la frecvențe joase.

Acțiunea zdruncinăturilor și vibrațiilor se resimte asupra echipajului mobil și echipajului fix al aparatului. Reazemele echipajelor mobile se strică la șocuri, vîrfurile se strivesc; mărindu-se razele de rotunjire, lagărele se pot crăpa și deci uzura lor ulterioară este mai rapidă. Este bine să se mărească raza de rotunjire a vîrfurilor, pentru a nu se atinge valori periculoase ale efortului în material în cursul șocului, dar în mod compensator trebuie să se micșoreze greutatea echipajului mobil și să se mărească cuplul activ, deci să se atingă valori mari ale factorului de calitate. Lagărele trebuie să fie mai dure și se utilizează de preferință corund în loc de agat, dacă nu este pericol de spargere a acestui material casant. Șocul, datorită lovirii vîrfurilor de lagăre, se amortizează prin elasticitatea echipajului mobil sau montarea lagărelor cu arc. Pentru a se evita intrarea în rezonanță cu vibrațiile produse de curentul alternativ, frecvența proprie a acelor și aripioarelor amortizorului cu aer se alege mai mică decît frecvența oscilațiilor forțate.

Sub acțiunea zdruncinăturilor și vibrațiilor, îmbinările în șuruburi tind să se slăbească și se impune folosirea rondelelor elastice speciale sub capul șurubului și piulițelor, fixarea îmbinărilor cu șuruburi pe substanțe aderente și utilizarea contrapiulițelor.

Încălecarea spirelor arcului se evită prin curbarea susținătorului de arc.

Este preferabil să se amortizeze deplasările panoului în întregime decît fiecare aparat în parte, deoarece se poate realiza mai ușor condiția ca frecvența oscilațiilor proprii să fie de 1,5 ori mai mică decît frecvența oscilațiilor forțate. Panourile se fixează pe arcuri elastice, garnituri de cauciuc sau amortizoare speciale.

1.3. REGIMUL DE DEVIAȚIE TRANZITORIE

La variația mărimii de măsurat echipajul mobil se deplasează dintr-o poziție de echilibru în alta și, datorită inerției, el oscilează sub influența cuplului antagonist în jurul noii poziții de echilibru. De aceea, citirea nu se poate face. Pentru înlăturarea acestui inconvenient, aparatele se prevăd cu sisteme de amortizare care absorb energia cinetică și care au un cuplu de frînare proporțional cu viteza de mișcare. Acțiunea amortizorului în repaus este nulă și indicațiile aparatului nu sînt influențate. Regimul de amortizare (periodic sau aperiodic) se alege pe baza studiului fenomenului tranzitoriu prin care trece echipajul mobil, adică pe baza studiului dependenței dintre deviație și timp. Legea fundamentală a acestui studiu arată că derivata în raport cu timpul a cantităților de mișcare, față de axa de rotație, este egală cu suma tuturor momentelor care acționează asupra corpului în rotație:

$$\frac{d}{dt}(J\omega) = \Sigma M \qquad (1.5)$$

Scanned with OKEN Scanner

Asupra echipajului mobil acționează cuplul activ, cuplul antagonist, cuplul de frecare și cuplul de amortizare.

Timpul de amortizare este intervalul care se scurge din momentul conectării la jumătatea deviației totale, pînă în momentul cînd echipajul se oprește în poziția de echilibru cu o precizie de ± 1% din lungimea scalei și se calculează cu relația:

$$t = -\frac{2J}{P} \ln\left[\lambda\sqrt{1-\beta^2}\right] \qquad (1.6)$$

în care:

J este momentul de inerție;
P — factorul de proporționalitate;
λ — precizia relativă adoptată pentru fixarea în poziția de echilibru (2%);
β — gradul de amortizare (0,4—0,6).

1.4. ERORILE APARATELOR DE MĂSURAT

Indicațiile aparatelor de măsurat se deosebesc de valoarea reală a mărimii măsurate, iar diferența se numește eroare absolută. Eroare relativă se numește valoarea raportului dintre eroarea absolută și limita de măsurare. În general, erorile admisibile pentru aparate sînt: 0,2, 0,5, 1,0, 1,5 și 2,5% și reprezintă erorile relative obținute în următoarele condiții normale:

— poziția normală de funcționare;
— lipsa unor mase feromagnetice și ale unui cîmp magnetic exterior;
— temperatura mediului înconjurător +20°C;
— frecvența 50 Hz;
— forma sinusoidală a curbei tensiunii sau curentului;
— determinarea erorii sistematice a aparatului s-a făcut după o încălzire de 15 min folosind curentul nominal.

Erorile accidentale apar prin schimbarea condițiilor exterioare și provin dintr-o serie de erori componente, care se datoresc:

— frecării în reazeme;
— înclinării axului;
— echilibrării imperfecte;
— etalonării și montării greșite a scalei;
— deformației remanente a arcurilor;
— citirii;
— cîmpurilor magnetice sau electrice interne;
— erorii de histerezis.

Erorile datorite frecării în reazeme se determină prin citirea indicațiilor aparatului la aceeași valoare a mărimii măsurate, apropiindu-se prin valori crescînde și apoi prin valori descrescînde. Diferența este dublul erorii datorită frecării. Mai simplă este metoda de îndepărtare mecanică a

acului de la diviziunea zero şi reîntoarcerea înceată la zero fără lovirea cu degetul, metodă care elimină frecarea.

Eroarea datorită înclinării axului se reduce prin micşorarea jocurilor şi prin amplasarea acului cît mai aproape de reazemul inferior. Eroarea în cazul axului orizontal este mai mică decît în cazul axului vertical.

Eroarea datorită echilibrării incomplete se reduce prin alegerea unor poziţii corecte a contragreutăţilor şi rămîne proporţională cu greutatea echipajului mobil şi invers proporţională cu cuplul antagonist specific. Este util să se folosească aparate cu factor de calitate ridicat. Echilibrarea se face în poziţia normală şi trebuie să se menţină la înclinarea în orice direcţie cu 5° faţă de poziţia normală.

Eroarea datorită etalonării şi montării greşite a scalei depinde de metodele de trasare a diviziunilor. Aparatele din clasa 1,5 şi 2,5 au scalele tipărite cu diviziuni şi semne, iar aparatele din clasa 1,0, 0,5 şi 0,2 au scalele etalonate în prealabil, pe care se desenează ulterior cu tuş cifrele şi semnele. La însemnarea diviziunilor pe scală se produc erori datorită aparatului etalon, a calculului de gradare şi a maşinii de divizare. Jocurile inevitabile ale şuruburilor de fixare a scalei dau erori la montare după desenarea scalei pe maşini speciale.

Erorile datorite unui reglaj insuficient de precis depind de metoda de reglare adoptată şi anume:

— schimbarea densităţii fluxului magnetic în întrefierul aparatelor cu magnet permanent, cu ajutorul şuntului magnetic;

— demagnetizarea magnetului permanent într-un cîmp magnetic alternativ;

— ajustarea rezistenţelor adiţionale şi a şunturilor;

— schimbarea cuplului antagonist specific al arcurilor.

Erorile datorite deformaţiei remanente a arcurilor sînt reduse dacă arcul folosit după o răsucire cu un unghi de 120°, timp de 24 ore, prezintă o deformaţie remanentă mai mică de 1°. La aparatele montate se deviază acul la maxim şi după 48 ore trebuie să revină la zero fără deformaţii remanente.

Erorile de citire depind de experienţa manipulantului şi de construcţia scalei şi a indicatorului. Erorile datorite paralaxei apar cînd raza vizuală nu este perpendiculară pe scală şi depinde de distanţa dintre ac şi scală sau de unghiul sub care se efectuează citirea. Dispozitivele antiparalactice elimină eroarea de paralaxă şi se bazează pe oglinda sau pe situarea acului şi scalei în acelaşi plan. Eroarea de paralaxă este nulă la aparatele cu indicator luminos de tip cu citire obiectivă sau cu citire subiectivă.

Indicaţiile se citesc uşor dacă sînt multiplu de 1, 2 sau 5, fiindcă nu necesită calcule mintale care duc la pierdere de timp. Precizia măsurării nu creşte prin mărirea numărului de diviziuni şi se impune ca valoarea unei diviziuni să nu fie mai mică decît valoarea erorii sistematice de măsurare.

Grosimea capătului acului trebuie să fie egală cu grosimea liniei de diviziune şi să se încadreze între $^1/_4$ şi $^3/_4$ din lăţimea celei mai înguste diviziuni.

Scanned with OKEN Scanner

Grosimea liniei de diviziune trebuie să fie 10% din lățimea diviziunii. Lățimea diviziunii la aparatele de precizie este 1—1,5 mm și deci grosimea lamei acului se poate lua 0,1—0,2 mm. Lățimea diviziunii nu trebuie să coboare sub 0,6 mm.

Erorile datorite cîmpurilor magnetice și electrice interne se reduc dacă echipajul mobil și cel fix se află la aceeași tensiune și nu apar atracții electrostatice, între echipajul mobil și cel fix. Dacă nu este posibil acest lucru, între echipajul fix și cel mobil se vor folosi ecrane ușor izolate și se va evita folosirea amortizoarelor cu magnet permanent la aparatele electromagnetice.

1.5. INFLUENȚA FACTORILOR EXTERNI

Schimbarea factorilor externi influențează dispozitivul de măsurat și schema de măsurare, iar erorile se raportează la indicația dată spre deosebire de erorile sistematice anterioare care se raportează la indicația nominală.

În industria chimică, temperatura mediului înconjurător variază de la —30 pînă la +60°C. La această variație de temperaturi este posibilă întepenirea axului, căderea din reazeme, pierderea echilibrării datorită înmuierii substanțelor plastice din echipajul mobil, ondularea carcasei, crăparea sticlei și chiar ruperea bobinei. Variațiile mediului înconjurător modifică:

— rezistența bobinelor și rezistențele adiționale;
— rezistența arcurilor folosite pentru alimentarea echipajului mobil;
— proprietățile elastice ale arcurilor;
— fluxul magnetului permanent;
— pierderile prin histerezis și curenți Foucault în piesele metalice;
— dimensiunile geometrice ale pieselor dispozitivului de măsurat;
— poziția de zero a acului datorită tendinței acului spiral de a se destinde.

Pentru a se exclude influența încălzirii prin pierderile proprii se face măsurarea după conectarea aparatelor la deviația maximă timp de 15 min.

Schimbarea poziției de zero se elimină prin montarea a două arcuri spirale în sens opus, astfel ca să se compenseze cuplurile ce iau naștere din încălzire.

Fluxul magnetic scade cu cîte 0,2% la creșterea temperaturii cu 10°C, reducîndu-se deci cuplul antagonist.

Cuplul arcului se micșorează cu 0,2—0,4% pentru creșterea temperaturii cu 10°C. Acest fenomen compensează scăderea fluxului magnetic și de aceea se contează pe creșterea indicațiilor cu 0,1% pentru ridicarea temperaturii cu 10°C.

Frecvența influențează reactanța schemei de măsurare și forma curbei. Reactanța influențează curenții în înfășurările dispozitivului de măsurat și deci fluxurile magnetice produse. Forma curbei influențează magnetizarea oțelului și valoarea reactanțelor. Se admite o variație de frecvență de ±10%.

Scanned with OKEN Scanner

Cîmpurile magnetice exterioare produc scăderea sau creşterea cuplului activ al aparatului după orientarea cîmpului exterior. Se verifică dacă un cîmp exterior uniform cu o intensitate de 5 Oe dau o eroare de ordinul 2—3%, în caz contrar se impun măsuri de protecţie contra influenţei cîmpurilor exterioare. Magneţii permanenţi din aparatele care vor funcţiona în cîmpuri magnetice puternice se supun unei stabilizări magnetice într-un cîmp alternativ de 15 Oe. Protecţia contra influenţei cîmpurilor magnetice exterioare se realizează prin astaticizare şi prin ecranare. Astaticizarea constă în înzestrarea aparatului cu două echipaje de măsurat, amplasate pe un ax comun şi care, avînd cîmpurile proprii dirijate în sensuri opuse, echilibrează influenţa cîmpului exterior. Ecranarea cu pereţi de oţel moale duce la slăbirea intensităţii cîmpului exterior, mai ales dacă se utilizează doi pereţi cu permeabilitate mare (permaloy) separaţi cu un strat de aer.

Cîmpurile electrice exterioare influenţează aparatele electrostatice şi influenţa lor se elimină prin folosirea ecranelor electrostatice, care sînt constituite chiar de carcasa metalică a aparatului. Se evită folosirea sticlei şi se preferă masele plastice transparente care au proprietăţi izolante superioare.

1.6. ELEMENTELE MECANICE ALE APARATELOR

Carcasa protejează dispozitivul de măsurat contra pătrunderii prafului şi loviturilor. Se fac carcase etanşe, impermeabile etc., care rezistă la umiditate, stropiri şi explozii. Aparatele etanşe nu lasă să iasă aerul comprimat în interior la 0,35 at, iar cele impermeabile nu lasă să pătrundă apa la presiune de 0,7 at. Aparatele protejate contra umidităţii nu trebuie să permită pătrunderea apei cînd se stropeşte timp de 5 min aparatul cu apă sub presiune, de la o distanţă de 5 m. Aparatul protejat contra stropilor trebuie să reziste unei ploi artificiale de intensitate 5 mm/min, care curge sub unghiul de 45° faţă de orizontală, iar cele protejate contra exploziilor nu trebuie să permită pătrunderea în interior a gazelor înconjurătoare.

Aparatele normalizate au carcase metalice rotunde de tip închis sau deschis, cu diametre între 80 şi 250 mm. Aparatele se execută pentru montare aparentă sau la nivelul panoului. Aparatele rotunde ocupă prea mult loc pe panou şi de aceea se tinde să fie înlocuite cu aparate dreptunghiulare care la aceeaşi lungime a scalei ocupă loc mai puţin.

Aparatele profilate utilizează mai bine locul disponibil şi dacă sînt orizontale au axul echipajului mobil vertical şi se pot folosi cînd cuplul activ al aparatului este mic şi frecarea este relativ mare.

Aparatele de dimensiuni mici, sub 100 mm, se fac din bachelită şi se prevăd cu ecrane magnetice interioare sau exterioare.

Carcasa cuprinde soclul dispozitivului de măsurare şi elementele schemei de măsurare. Fixarea aparatelor pe tablou se realizează cu ajutorul unui inel de fixare sau cu şuruburi de strîngere.

Carcasa se face din oţel prelucrat prin ştanţare sau din material nemagnetic (silumin) turnat în pămînt sau sub presiune.

Scanned with OKEN Scanner

Fixarea geamului se face cu inel special și garnituri de bumbac sau cauciuc. Geamul se lipește de carcasă cu o compoziție specială.

Dimensiunile aparatului dreptunghiular sînt considerate estetice cînd raportul dintre lungime și lățime variază între 1,3 și 1,9.

Finisarea exterioară trebuie să fie proporțională cu calitatea aparatului.

Bornele aparatelor portabile nu se deșurubează complet pentru a nu se pierde.

Acele indicatoare se fac de obicei metalice și forma lor depinde de clasa aparatului. La aparatele din clasa 0,2 și 0,5 acele indicatoare sînt de formă lamelară sau cu fir. Acele în formă de lance sau bară se utilizează la aparatele industriale care trebuie citite de la o distanță de 0,5—1 m. Acele se confecționează din foi de duraluminiu de 0,1—0,15 mm sau tuburi de duraluminiu cu diametrul 0,5—0,8 mm și grosimea pereților 0,05—0,1 mm. În caz de suprasarcină, se folosesc ace indicatoare de sticlă rezistentă la șocuri, pe limitatori. Limitatorii se fac elastici și locul de contact se alege acolo unde acul este suficient de rigid. Acele trebuie să aibă momente de inerție minime pentru a asigura un timp minim de amortizare. Frecvența proprie a acului indicator trebuie să se deosebească de frecvența curentului măsurat pentru a nu se produce fenomenul de rezonanță. Acul indicator se compune din suport, acul propriu-zis și dispozitivul de strîngere.

Scala este de obicei o suprafață albă cu diviziuni negre trasate cu tuș pe o hîrtie specială. Se utilizează de asemenea și scale gravate pe metal și cu umplerea ulterioară a liniilor cu vopsea. Metodele moderne permit confecționarea scalelor prin tratare cu acizi, ștanțare și fotografiere. La aparatele precise, cifrele și semnele se tipăresc cu ștampila de cauciuc ce diferă de la inscripție la inscripție. Aparatele de serie au scala standardizată și imprimată cu clișeu de cauciuc.

Pentru citirile pe întuneric, diviziunile aparatului se scriu cu vopsea luminiscentă care acoperă și vîrful acului sau se montează becuri pentru luminat scala.

Arcurile au forma spiralei lui Arhimede. Cuplul specific antagonist se calculează cu formula:

$$W = E\,\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot l}\ \text{dyn} \cdot \text{cm/rad} \qquad (1.7)$$

în care: l este lungimea arcului destins, în cm;

E — modulul de elasticitate al materialului, în dyn/cm^2;

b, h — lățimea și grosimea benzii, în cm.

Arcurile se fac din bronz cu plumb și zinc sau bronz fosforos. Efortul admisibil este de 8—10 ori mai mic decît limita de elasticitate, iar raportul între lungimea și grosimea benzii trebuie să fie minimum 1 500—2 000. Lungimea arcului se calculează cu formula:

$$l = \frac{\pi\,(D_0^2 - D^2)}{4a}\ \text{mm}, \qquad (1.8)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: D_0 este diametrul exterior, în mm;
D — diametrul interior, în mm;
a — distanța între spire (0,6—1,0 mm).

Cînd arcurile trebuie să conducă curentul la cadrul mobil se utilizează bronz cu cadmiu.

Contragreutățile servesc la echilibrarea echipajului mobil. Nu este posibilă echilibrarea cu o singură contragreutate deoarece centrul de greutate al echipajului mobil este așezat diferit la fiecare aparat. În schimb, cu ajutorul a două contragreutăți se poate asigura echilibrarea chiar în cazul cînd centrul de greutate ocupă orice poziție. Echilibrarea cu două contragreutăți se face în modul arătat în fig. 1.2 și anume:

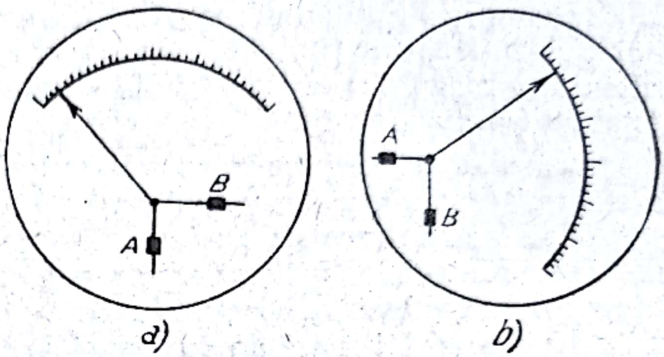


Fig. 1.2. Echilibrarea cu două contragreutăți:
a — poziția de manipulare a contragreutății *B*; *b* — poziția de manipulare a contragreutății *A*.

— se aduce acul indicator la zero cu axul aparatului vertical;
— se întoarce aparatul pentru ca axul să devină orizontal și una din contragreutăți să fie pe verticala axului;
— se deplasează contragreutatea a doua pînă se readuce acul la zero;
— se rotește aparatul pentru ca contragreutatea a doua să fie pe verticala axului;
— se deplasează prima contragreutate pînă se readuce acul la zero.

Prin această operație centrul de greutate al întregului echipaj mobil, împreună cu contragreutățile, se află pe axa de rotație. Unghiul dintre tijele contragreutăților trebuie să fie cît mai mic pentru a se reduce greutatea contragreutăților.

Contragreutățile se fac din alamă sau cupru și nu se nichelează pentru a nu da forțe de atracție magnetică perturbatoare.

Amortizoarele folosite sînt cu aer sau magnetice de inducție. Amortizoarele cu aer se utilizează pentru a evita introducerea unui cîmp magnetic sau cînd se cer valori mici ale factorului de amortizare. Amortizoarele magnetice de inducție și mai rar amortizoarele cu lichid se utilizează la aparatele înregistratoare cu cuplu activ foarte mare. Amortizoarele cu aer pot fi de următoarele tipuri: cu paletă plană, cu paletă cu marginile îndoite, cu piston și cu piston cu marginile îndoite. Amortizoarele magnetice pot fi cu sector de aluminiu sau cu carcasă de aluminiu.

Magneții permanenți creează cuplul activ antagonist sau de amortizare. Ei trebuie să producă în intrefier un flux magnetic de o anumită intensitate, constant și neinfluențat de factorii externi. Calitățile magnetului depind de felul materialului utilizat, de prelucrarea tehnologică (stabilizarea de structură și stabilizarea magnetică) și de formă. Se utilizează oțelul cu

tungsten și crom, oțeluri cu cobalt, aliaj de aluminiu cu nichel și fier (Alni, Alnisi, Alnico, Magnico), aliaj de platină și cobalt. Aliajele se prelucrează greu prin tăiere și de aceea se preferă tehnologia de aglomerare a pulberilor cu rășină. Inducția în zona neutră a magnetului se deduce din curba de demagnetizare a materialului și din coeficientul de demagnetizare, care depinde de forma și dimensiunile magnetului. Coeficientul de demagnetizare este mare cînd magnetul este scurt și are o secțiune mare. Pentru a-și păstra magnetizarea constantă în timp și pentru ca inducția din întrefier să nu depindă de factorii exteriori, se fierbe magnetul în apă timp de 8—12 ore (stabilizare structurală) și apoi se supune unui cîmp alternativ magnetic de amplitudine mare care demagnetizează cu 12—15% (stabilizare magnetică).

Șunturile pot fi interioare sau exterioare și se confecționează pentru o singură sensibilitate sau mai multe sensibilități. Pentru curenți pînă la 1 A ei se fac sub formă de spirală, iar peste această valoare sînt sub formă de placă. Materialul utilizat este manganina (85% Cu, 12% Mn și 3% Ni). Lipirea manganinei la borne se face cu compoziție de argint pentru a rezista la intensități mari de curent și supraîncălziri pînă la 80°C. Nu este admisă difuzarea cositorului în manganină. Construcția șuntului condiționează puterea eliminată prin supraîncălzire. Se utilizează soluții cu una sau mai multe plăci și cu suporți subțiri sau masivi, cu putere specifică 80—100 mW/cm^2.

Rezistențele adiționale sînt interioare sau exterioare (cînd se evacuează puteri mari sau tensiunile sînt ridicate). Pe rezistență se înscrie valoarea ei și valoarea curentului de lungă durată care poate trece prin ea. Ele sînt normalizate la 3, 7, 5 și 30 mA. Curenții de deviație pentru aparatele cu magnet permanent au 1—5 mA, iar pentru aparatele electromagnetice, 20—60 mA. Materialul rezistenței trebuie să nu permită variația valorii ei în timp și să nu depindă de temperatura mediului înconjurător; de aceea se preferă manganina sau constantanul supus unui tratament termic special și impregnat cu lacuri nehigroscopice și uscate timp de 24 ore la 130°C. Bobinajul se face monofilar sau bifilar, după cum frecvența este mică sau mare. Calculul rezistențelor adiționale se bazează pe supraîncălzirea lor față de temperatura mediului înconjurător și depinde de puterea eliminată de rezistență și de suprafața de răcire, care asigură transmiterea căldurii în mediul înconjurător. Forma rezistenței și ventilația spațiului condiționează evacuarea căldurii care atinge 0,67—1,5 mW/cm^2. Supraîncălzirea de 60°C este admisibilă, dar în calcul se consideră numai 40°C.

1.7. ELEMENTELE OPTICE ALE APARATELOR

Oglinzile plane se folosesc pentru obținerea imaginilor reflectate și pentru schimbarea direcției razelor. Oglinzile de sticlă sînt acoperite cu un strat de argint sau aluminiu. Sticla se face cît mai subțire pentru a nu produce reflexie nedorită. Dimensiunea oglinzii se determină în funcție de secțiunea transversală a fasciculului, de deviația și rotirea oglinzii.

Scanned with OKEN Scanner

Plăcile plan-paralele se folosesc ca sticle de protecţie, filtru de lumină şi oglinzi reflectoare a fasciculului paralel sau convergent. Se utilizează sticlă specială, neparalelismul admis fiind de 0,1—0,5 secunde centezimale.

Prismele cu reflexie totală servesc pentru schimbarea direcţiei razelor sau pentru întoarcerea imaginii obţinută.

Prisma cu unghi drept se foloseşte pentru întoarcerea imaginii în jurul axului sistemului optic în însuşi planul imaginii.

Lentilele adună fluxul luminos şi îl transformă în fascicul de raze paralele sau convergente. Din lentile se formează condensatori sau lentile complexe.

Sistemele optice ale indicatorului luminos depind de metoda de lectură, care poate fi subiectivă sau obiectivă. Luneta utilizată la sistemele de lectură subiectivă măresc de 2,5—4,0 ori şi în cîmpul vizual se aduc două diviziuni gradate ale scalei. Se foloseşte luneta acromatică din sticlă crown şi flint. Indicatorul luminos interior proiectează imaginea filamentului lămpii, care este sursa luminoasă, şi trebuie să aibă o mare iluminare a spotului luminos, de forma şi dimensiunile dorite.

Iluminarea spotului luminos pe scală trebuie să fie de cel puţin 100 lx. Aceasta se poate obţine de la un bec de 6—8 V şi 4—5 W, cu o oglindă de 5 mm diametru şi o lentilă plan-convexă, plus un condensator biconvex.

1.8. ELEMENTE DE CALCUL A APARATELOR DE MĂSURAT

La proiectarea aparatelor de măsurat trebuie să se ţină cont de cerinţele exploatării şi de greutăţile de fabricaţie.

Cerinţele exploatării sînt concretizate în următoarele criterii:

— eroarea admisibilă a măsurării;
— limitele de variaţie a mărimii de măsurat;
— limitele de variaţie ale temperaturii mediului ambiant;
— limitele de variaţie ale frecvenţei;
— destinaţia aparatului;
— prezenţa zdruncinăturilor sau vibraţiilor şi intensitatea lor;
— prezenţa gazelor corosive în mediul ambiant;
— gradul de impermeabilitate a carcasei aparatului;
— condiţiile de montaj a aparatelor industriale pe tablou;
— condiţiile lecturii (distanţa, încăperea de lucru).

La proiectarea aparatelor, în funcţie de precizia lecturii, se alege sistemul dispozitivului de măsurat şi apoi clasa aparatului, scala şi acul indicator. Aparatele cu dispozitive antiparalactice au precizia lecturii de ordinul 0,1+0,15 mm şi la clasa 0,2 lungimea scalei trebuie să fie de minimum 75 mm pentru ca eroarea să nu treacă de 0,2%. Pentru a micşora eroarea lecturii şi a păstra rezerve şi pentru alte erori fundamentale trebuie mărită lungimea scalei de 3,5 ori.

Grosimea diviziunilor este determinată de distanţa de lectură pe baza constatării că distanţa dintre două puncte este încă distinsă de ochi dacă unghiul vizual este de cel puţin două minute. Dacă lectura se face de la

un metru, deviația minimă a acului care poate fi deosebită de ochi este de 0,6 mm și de aceea aparatele din clasa 2,5 trebuie să aibă o scală de cel puțin 24 mm. Ea se face normal de 70—80 mm.

Lungimea acului se alege în funcție de dimensiunile scalei și de unghiul scalei care se ia 90, 240 sau 360°. În funcție de scală și ac se alege forma exterioară a aparatului (rotund, pătrat, sau profil).

Dimensiunile carcasei determină dimensiunile dispozitivului de măsurat și stabilesc posibilitatea așezării în interior a rezistențelor adiționale, comutatorilor, condensatorilor, redresoarelor etc. Volumul carcasei se determină în funcție de puterea consumată de aparat și de modul cum materialul carcasei elimină căldura. Cunoscînd forma exterioară aproximativă și așezarea pieselor interioare se determină dimensiunile dispozitivului de măsurat și ale schemei de măsurare.

Greutatea echipajului mobil este formată din greutatea activă (piese care creează cuplul activ) și greutatea constructivă (piese care realizează indicarea, amortizarea, echilibrarea). Între cuplul activ M_a și greutatea activă G_o este o relație de proporționalitate de forma:

$$M_a = kG_o^m \tag{1.9}$$

Este necesar să se reducă greutatea constructivă fără a micșora greutatea activă.

Pentru miliampermetre, voltmetre și circuitele de derivație ale wattmetrelor, greutatea bobinelor și cadrului trebuie să fie mai mare decît greutatea tuturor celorlalte piese din echipajul mobil. Pentru ampermetrele cu șunt și pentru milivoltmetre greutatea bobinei trebuie să fie jumătate din greutatea constructivă. La aparatele de inducție cu disc, factorul maxim de calitate se obține cînd greutatea acesteia va fi dublul greutății celorlalte piese.

Schemele de măsurare au elemente ce contribuie nemijlocit la crearea cuplului activ sau antagonist, elemente care transformă mărimea de măsurat și elemente care micșorează sau compensează erorile ce apar din cauza factorilor externi.

Dispozitivul de măsurat trebuie proiectat ținînd cont de parametrii electrici ai schemei de măsurare, fiind un element component al acesteia.

1.9. APARATE ÎNREGISTRATOARE

În unele cazuri trebuie să se urmărească variația mărimii măsurate într-un interval de timp oarecare, în afară de cunoașterea mărimii măsurate.

Aparatele înregistratoare dau pe o diagramă continuă înregistrarea indicațiilor și astfel oferă posibilitatea aprecierii manevrelor efectuate de operator și se poate deduce tendința de variație a mărimii măsurate.

Aparatele înregistratoare se compun din dispozitivul de măsurare și dispozitivul de deplasare a diagramei. Dispozitivele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

Scanned with OKEN Scanner

— diagrama trebuie să corespundă caracteristicii scalei dispozitivului de măsurat;

— dispozitivul de măsurare trebuie să dezvolte un cuplu activ suficient de mare pentru a învinge frecarea peniței pe hîrtie;

— raportul dintre frecvența fenomenului înregistrat și frecvența oscilațiilor proprii trebuie să fie mai mic decît 1/15 pentru ca eroarea de înregistrare să fie mică;

— calitatea hîrtiei de înregistrare și precizia de funcționare a dispozitivului de înregistrare trebuie să fie satisfăcătoare.

Metodele de înregistrare sînt continue sau prin puncte.

Înregistrarea continuă se realizează pe hîrtie cu o peniță conică sau capilară. Penița conică se folosește la viteze de înregistrări mari, cînd nu este necesară o rezervă mare de cerneală. Apăsarea peniței se realizează prin greutatea proprie sau o contragreutate auxiliară. Diametrul orificiului peniței este de 0,1 mm, care la o capacitate a rezervorului de 150 mg cerneală permite înregistrarea timp de trei zile la o viteză de deplasare de 20—40 mm/h. Penița capilară se folosește la înregistrările lente, cerneala aducîndu-se prin forța capilară dintr-o călimară fixă în care se află o mare cantitate de cerneală. Penița este mai ușoară și înregistrarea trebuie să dureze mai mult de o săptămînă, fără să se adauge cerneală.

Hîrtia aparatelor înregistratoare trebuie să fie netedă, nehigroscopică și dimensiunile nu trebuie să varieze cu umiditatea. Grosimea admisibilă a hîrtiei este de 0,08—0,1 mm pentru ca să se poată înfășura o cantitate mai mare de hîrtie pe rolă.

Cerneala nu trebuie să se usuce în călimară, dar trebuie să se usuce imediat ce ajunge pe hîrtie. Ea trebuie să fie fluidă în peniță și vîscoasă pe hîrtie. Ea se prepară din pigment violet sau roșu, cu apă, în care se adaugă glicerină sau melasă pentru a împiedica uscarea rapidă.

Dispozitivele de măsurat ale aparatelor înregistratoare trebuie să aibă un cuplu activ de cel puțin 10 g/cm la devierea totală. Cînd nu se poate crea acest cuplu, înregistrarea se face cu un vîrf de celuloid sau de sticlă pe o hîrtie acoperită cu negru de fum sau ceară. Se poate evita complet frecarea utilizînd vîrfuri încălzite electric, care nu ating hîrtia, ci se deplasează la o distanță de 0,1—0,2 mm.

Înregistrarea prin puncte se caracterizează prin contactul periodic al acului indicator cu hîrtia și în consecință prin lipsa frecării. Jugul căzător apasă periodic acul pe hîrtia pe care este așezată panglica pigmentată.

Aparatele înregistratoare pot avea comutator care schimbă culoarea panglicii atunci cînd comutează dispozitivul de măsurat de pe un circuit pe altul. Hîrtia folosită poate fi în formă de bandă sau de disc. Banda este înfășurată pe o rolă și are pe margine un șir de orificii în care intră dinții rolelor de antrenare. Pentru înregistrare se folosește hîrtie cu rețeaua imprimată sau neimprimată. În ultimul caz aparatele înregistratoare au o regletă transparentă pentru citirea diviziunilor.

Viteza de deplasare a hîrtiei se stabilește cu ajutorul angrenajelor de schimb, în funcție de variația mărimii măsurate și de timpul de amortizare a echipajului mobil al dispozitivului de măsurat.

Scanned with OKEN Scanner

Aparatele de înregistrare sînt prevăzute cu dispozitive de îndreptarea înregistrării pentru a se obține diagrame în coordonate carteziene. Antrenarea hîrtiei se realizează cu mecanisme de ceasornic sau cu motor sincron. În tehnica modernă a camerelor de comandă s-a introdus comanda prin impulsuri de la un ceasornic central sau motoare sincrone cu pornire asincronă.

Aparatele înregistratoare cu dispozitiv de măsurat bazat pe magnet permanent au un cuplu activ de 12—25 g/cm și consumă 20—80 mW.

Eroarea minimă de înregistrare se obține cu un grad de amortizare de 0,65—0,7, realizat de amortizoare magnetice puternice și de volum mare, capabile să asigure un coeficient de amortizare de 2 500—4 000 dyn · cm · · s/rad.

Dispozitivul de măsurat trebuie să asigure întotdeauna caracterul uniform al scalei aparatului pentru a putea utiliza rețeaua imprimată a diagramei.

Aparatele înregistratoare normale sînt din clasa de precizie 1,5 sau 2,5, iar punțile automate și logometrele cu compensare, care folosesc metoda de măsurare de zero, sînt din clasa 0,5. În acest caz, înregistrarea nu se face de către dispozitivul de măsurare, ci de către dispozitivul de comandă, care schimbă elementele de echilibrare ale schemei.

Scanned with OKEN Scanner

2. SCHEMELE STRUCTURALE ALE SISTEMELOR DE REGLARE AUTOMATĂ

2.1. METODE DE AUTOMATIZARE

Mecanizarea proceselor tehnologice constă în executarea, cu ajutorul mecanismelor, a proceselor și operațiilor în funcție de felul materialului și condițiile specifice. Mecanismele sînt puse în mișcare cu ajutorul dispozitivelor de acționare.

Sistemul de comandă impune motoarelor de acționare cinematica dorită, pentru a asigura o bună desfășurare a proceselor tranzitorii și regimurilor staționare. Prin automatizarea sistemelor de comandă se urmărește:

— executarea fără intervenția operatorului a comutării circuitelor electrice ale mașinilor la schimbarea regimului staționar;

— conducerea agregatelor de forță prin semnale de putere mică;

— comanda la distanță prin transmiterea semnalelor de putere mică;

— condiționarea cinematicei motorului de acționare în funcție de procesul tehnologic prin emiterea automată a semnalelor de comandă de către elementele de măsurat, elementele de blocaj și elementele de programare.

Metodele de automatizare ale sistemelor de comandă individuală din industriile chimice sînt următoarele:

1. *Automatizarea cu relee și contactori,* numită și automatizare magnetică, permite pornirea motoarelor, variația vitezei în cîteva trepte, frînări și reversări. Acest fel de automatizare poate să fie directă sau indirectă (cînd se alege ca parametru director timpul).

2. *Automatizarea cu sisteme de comandă autoreglabile* se impune unde este necesară reglarea automată a curentului motorului de acționare, o gamă largă de variații a vitezei, sincronizarea vitezei unor arbori independenți în limite foarte strînse, comandarea unghiului de rotire a motorului în funcție de un parametru al intrării în sistem.

Cel mai utilizat element de execuție este motorul de curent continuu alimentat cu tensiune variabilă, iar acțiunea de comandă se exercită în circuitele secundare de excitație ale sursei de tensiune și a motorului însuși.

Tensiunea de alimentare este livrată de tuburi electronice, tiratroni, amplidine, grupuri motor-generator, ignitroni și redresoare cu vapori de mercur cu sau fără grilă de reglare.

Se deosebesc următoarele scheme de automatizare a acționării electrice:

— cu acțiune continuă și cu ciclu de comandă deschis, care utilizează capacitatea dinamică pentru scurtarea procesului de excitare;

— cu acțiune intermitentă și cu ciclu de comandă închis în metoda parametrică, care folosește relee pentru modificarea parametrilor circui-

Scanned with OKEN Scanner

telor de comandă pentru ca procesele tranzitorii să se desfăşoare automat în condiţiile prestabilite;

— cu comandă continuă şi ciclu închis al acţionărilor electrice, folosind ca element de măsură dinamul de turaţie, selsinul sau dispozitivul Alnico.

Automatizarea complexă asigură funcţionarea utilajelor tehnologice într-un ansamblu armonios grupat spaţial şi avînd succesiunea în timp impusă de procesul de producţie, astfel ca produsul finit să se obţină fără intervenţia operatorului.

Dacă procesele tehnologice au fost mecanizate şi fiecare operaţie în parte a fost automatizată, intervenţia omului se reduce la emiterea semnalelor de comandă pentru fiecare mecanism în parte; acestea pot fi însă date şi de dispozitivele de măsurat.

Pentru introducerea sistemelor automate de comandă complexă trebuie îndeplinite următoarele condiţii:

— procesul tehnologic trebuie să fie complet mecanizat;
— fluxurile şi transporturile trebuie să fie raţionalizate;
— diversitatea sortimentelor trebuie să fie redusă;
— capacitatea de producţie să fie mare.

Problemele principale ridicate de automatizarea complexă sînt:

a) concentrarea într-un sistem de comandă comun a acţionărilor electrice care participă în lungul fluxului tehnologic la acelaşi proces de producţie;

b) emiterea automată a impulsurilor de comandă a acţionărilor electrice;

c) asigurarea unei maleabilităţi programatice a producţiei, pe faze de prelucrare;

d) supravegherea centralizată a exactităţii şi succesiunii operaţiilor cu semnalizarea avariilor şi depistarea rapidă a defectelor pe tablouri luminoase, care reproduc desfăşurarea procesului de producţie;

e) reluarea automată şi corectă a lucrului după o întrerupere accidentală (parţială sau totală).

În literatură sînt date soluţii tip, în funcţie de materialele care circulă în fluxul tehnologic. Astfel sînt:

— automatizarea circulaţiei fluidelor;
— automatizarea transportului materialelor sub formă de pulberi şi bulgări;
— automatizarea prelucrării materialelor transportate sub formă de bucăţi;
— automatizarea prelucrării materialelor transportate sub formă de benzi şi fire.

Din punct de vedere al caracterului acţiunii exercitate asupra organului de reglare sistemele de automatizare se clasifică în sisteme de reglare continuă şi discontinuă.

Sistemele de reglare continuă sînt caracterizate prin păstrarea neschimbată a structurii legăturilor din sistem în timpul procesului de reglare

Scanned with OKEN Scanner

și de aceea semnalele la ieșirea elementelor sînt funcțiuni continue de acțiuni și timp. Procesul de reglare se poate exprima printr-o ecuație diferențială.

Sistemele de reglare discontinuă sînt caracterizate prin faptul că la anumite intervale de timp are loc variația în salt a structurii prin deschiderea și închiderea circuitului de acționare. La sistemele de reglare discontinuă deschiderea circuitului de acționare se efectuează periodic și în mod obligatoriu de către un dispozitiv de întrerupere special. La sistemele cu acțiune tip releu circuitul de acționare este întrerupt de unul din elementele sistemului, în funcție de anumite coordonate. Releul care efectuează întreruperea acționează și revine la valori determinate ale acțiunii.

Organele tip releu cu două poziții au un regim oscilant neîntrerupt și se numesc *regulatoare cu vibrații,* care se folosesc atunci cînd procesul oscilator contribuie la mărirea rapidității sistemului sau la înlăturarea unor neliniarități esențiale din elementele sistemului (frecare uscată, histerezis etc.).

2.2. ALEGEREA SCHEMELOR STRUCTURALE DE REGLARE AUTOMATĂ CONTINUĂ

Schemele structurale ale sistemelor de reglare automată se compun din elemente de relaxare, elemente oscilatoare și elemente de integrare.

Pentru a întocmi schema structurală a unui sistem dat se stabilește mai întîi prin ce elemente se pot înlocui diferitele părți componente ale sistemului și apoi se leagă toate aceste elemente în mod corespunzător între ele.

Întocmirea schemelor structurale urmărește stabilirea ecuației diferențiale a sistemului de reglare sub formă de ecuație operațională. În acest scop, este necesar să se studieze modul în care decurge procesul de reglare și de transmitere a comenzilor.

Ecuațiile operaționale ale elementelor de bază și ale elementelor din circuitul de reglare au drept scop să stabilească variația mărimii de ieșire, în funcție de parametrii elementului studiat, de operatorul p și de mărimea de intrare. În sistemele cu mai multe elemente se consideră că mărimea de ieșire a unuia este mărimea de intrare a elementului următor.

Sistemele de reglare automată sînt caracterizate prin faptul că acțiunea parcurge întreg circuitul închis și că semnalul de la ieșirea ultimului element trebuie dat la intrarea primului element.

În schema structurală ultimul element este obiectul de reglare, iar primul element se consideră elementul de măsurare și deci a închide sistemul de reglare automată înseamnă a aplica mărimea de reglare la elementul de măsurare. Pentru ca sistemul să mențină mărimea de reglare constantă este nevoie ca în cazul devierii acesteia de la valoarea dorită să se aplice la intrare un impuls care să producă la ieșire o variație a mărimii de reglare în sens contrar deviației respective.

Scanned with OKEN Scanner

Se determină ecuația operațională a sistemelor închise și a sistemelor deschise și se precizează modul de alegere a sensului mărimii de ieșire pentru închiderea sistemului.

Raportul dintre mărimile de ieșire și intrare ale unui element se numește *operator*. Cînd elementele sînt legate în serie se pot multiplica datorită unidirecționalității grupelor, adică datorită faptului că în circuitul de reglare, în condiții reale, fiecare grupă exercită o influență infinit mică asupra grupei anterioare.

Sistemele de reglare automată compuse din lanțuri de elemente legate se numesc *sisteme cu un singur contur* și au ecuația caracteristicii amplitudinii fază a sistemului deschis de forma:

$$\frac{X_e}{X_i} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \dots}{(1 + T_1 j\omega)(1 + T_2 j\omega)(1 + T_3 j\omega)(1 + T_4 j\omega)\dots} \qquad (2.1)$$

La intrarea în sistemul de reglare închis se aplică diferența dintre valorile etalon și cea reglabilă, care, în cazul regimului permanent într-un sistem, este în funcție de factorul total de amplificare k și de valoarea etalon:

$$\Delta U_n = \frac{1}{k} \cdot U_n \qquad (2.2)$$

Mărimea reglabilă se exprimă în funcție de mărimea etalon și de factorul de amplificare k, prin relația:

$$U_r = U_n \cdot \frac{k}{1+k} \qquad (2\,3)$$

Statismul sistemului este raportul dintre abaterea de la valoarea etalon și valoarea etalon:

$$S = \frac{\Delta U_n}{U_n} \cdot \frac{1}{1+k} \qquad (2.4)$$

Statismul sistemului permite aprecierea preciziei de reglare, fiind aproximativ egal cu inversul factorului de amplificare al circuitului de reglare deschis.

La sistemele statice de reglare precizia depinde de valoarea sarcinei, pe cînd la sistemele astatice valoarea reglabilă se menține constantă, indiferent de valoarea sarcinei.

La sistemele compuse din elemente de relaxare, element oscilator și elemente de integrare se obține o viteză de variație a mărimii de ieșire proporțională cu valoarea impulsului de intrare. Coeficientul de proporționalitate va fi factorul de amplificare a sistemului deschis. Pentru a se asigura o viteză dată de transmiterea comenzilor este nevoie de o abatere mai mică cînd coeficientul de proporționalitate (factorul de amplificare) este mai mare.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele de reglare automată trebuie să îndeplinească următoarele condiţii statice şi dinamice:

— precizia de reglare;
— stabilitatea sistemului;
— valoarea noii reglări să nu depăşească valoarea dată anterior;
— durata reglării să fie mai mică decît o durată fixată anterior;
— numărul oscilaţiilor mărimii de reglare în timpul procesului de reglare să nu depăşească valoarea stabilită.

În funcţie de scopul şi condiţiile de funcţionare ale instalaţiei chimice se fixează durata reglării şi numărul de oscilaţii.

Condiţia de stabilitate este obligatorie pentru orice sistem de reglare şi este definită ca proprietatea sistemului, scos din echilibru şi lăsat de sine stătător, de a tinde — după un interval de timp — să revină la starea iniţială de echilibru.

Scoaterea sistemului din starea de echilibru se face de către acţiuni exterioare.

Variaţia unei mărimi oarecare în sistemul de reglare automată se reprezintă printr-o ecuaţie diferenţială cu coeficienţi constanţi.

Stabilitatea sistemului se determină prin caracterul mişcării libere a sistemului şi se reprezintă printr-o ecuaţie omogenă, fără membrul al doilea.

Pentru ca sistemul de reglare automată reprezentat printr-o ecuaţie diferenţială liniară cu coeficienţi constanţi să fie stabil este necesar şi suficient ca rădăcinile reale ale ecuaţiei caracteristice obţinute din ecuaţia diferenţială să fie negative, iar rădăcinile complexe să aibă partea reală negativă. Prin urmare, studiul stabilităţii se rezumă la determinarea semnului părţii reale a rădăcinilor ecuaţiei caracteristice.

Din algebră se ştie că se pot determina uşor numai rădăcinile ecuaţiilor de gradul întîi şi doi, iar pentru grade mai mari calculele sînt complicate sau aproximative. Pentru determinarea rădăcinilor trebuie să se cunoască valoarea numerică a coeficienţilor ecuaţiei, deci valorile numerice ale tuturor parametrilor sistemului.

Dacă una din perechile de rădăcini va avea o parte reală pozitivă sau o rădăcină reală care să fie un număr pozitiv, întregul sistem va fi nestabil.

Sistemul devine stabil dacă se schimbă coeficienţii ecuaţiei caracteristice, pornind de la legătura dintre rădăcinile ecuaţiei şi parametrii sistemului. Dacă nu se cunoaşte această legătură este greu să se stabilească în ce măsură trebuie modificat sistemul sau parametrii pentru ca sistemul să devină stabil. Se folosesc în acest scop un şir de criterii care determină condiţiile de stabilitate, fără a se recurge la calculul rădăcinilor ecuaţiilor caracteristice.

Cele mai cunoscute criterii de stabilitate ale sistemelor de reglare automată, folosite în proiectarea instalaţiilor din industria chimică, sînt:

— criteriul lui Routh—Hurwitz;
— criteriul lui Nyquist;
— criteriul lui Mihailov;
— criteriul lui Neumark.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele de reglare automată pot fi clasificate în funcţie de numărul şi caracterul elementelor şi în funcţie de valorile parametrilor:

a) sistemul structural nestabil pentru orice valoare a parametrilor;
b) sistemul structural nestabil pentru anumite valori ale parametrilor;
c) sistemul stabil.

În general, în industria chimică se întîlnesc sisteme cu elemente de relaxare legate în serie şi pentru acest caz raportul dintre valoarea la ieşire şi valoarea la intrare se scrie sub forma:

$$\frac{X_e}{X_i} = \frac{\prod_{i=1}^{N} K_i}{\prod_{c=1}^{N} (1 + T_i \cdot p)} \tag{2.5}$$

în care π este produsul care se extinde asupra tuturor constantelor de tip I şi asupra factorilor de amplificare K cu indicele i de la 1 la N.

Ecuaţia caracteristicii amplitudine fază se obţine înlocuind în ecuaţia caracteristică operatorul p prin $j\omega$. Se obţine hodograful vectorului:

$$W(j\omega) = \frac{\prod_{i=1}^{N} K_i}{\prod_{i=1}^{N} (1 + T_i j\omega)} \tag{2.6}$$

Cînd ω variază de la zero la ∞, argumentul variază într-un singur sens şi unghiul de rotaţie maxim este $N\frac{\pi}{2}$.

Caracteristica amplitudine fază este situată în N cadrane, unde N este numărul de elemente de relaxare legate în serie.

O dată cu creşterea factorului total de amplitudine caracteristica amplitudine fază se desface şi, la o valoare oarecare, punctul $(1, j_0)$ va fi situat în interiorul caracteristicii amplitudine fază, deci sistemul a devenit nestabil.

În concluzie, dacă se menţin toţi parametrii constanţi şi se măreşte factorul de amplificare se ajunge inevitabil la o valoare la care sistemul devine nestabil. Această concluzie este valabilă şi dacă circuitul este format din elemente de relaxare, un element oscilator şi un element de integrare. Dacă circuitul conţine mai mult de un element de integrare, el este structural nestabil şi trebuie să fie stabilizat.

Se întîlnesc sisteme cu un singur circuit la care valoarea critică a factorului de amplificare este mai mică decît valoarea factorului de amplificare necesar pentru asigurarea preciziei reglării şi a receptării comenzilor. Acest sistem este neutilizabil dacă nu se folosesc mijloace pentru mărirea factorului de amplificare critic. În alte cazuri, sistemul este stabil, însă caracterul regimului tranzitoriu nu satisface condiţiile tehnice şi sistemul este neutilizabil dacă nu se folosesc mijloace pentru îmbunătăţirea calităţii reglării.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a se rezolva aceste probleme se introduc dispozitive de stabilizare în sistemele cu un singur circuit. Aceste elemente de stabilizare se numesc *legături elastice inverse* sau *legături inverse izodrome* şi dau stabilitate sistemului, chiar dacă factorul de amplificare total depăşeşte factorul de amplificare critic. Caracteristica amplitudine fază obţinută nu cuprinde punctul $(1, j_0)$, deci sistemul este stabil. Variaţia argumentului depinde însă de valorile constantelor de timp şi de factorii de amplificare a diferitelor elemente, precum şi de locul de conectare a elementului de stabilizare.

Sistemele de reglare formate din mai multe elemente de relaxare şi două elemente de integrare sînt sisteme structural nestabile, deoarece ecuaţia caracteristică are coeficientul termenului de gradul întîi în p egal cu zero. Se impune modificarea schemei prin scurtcircuitarea unui element de integrare cu ajutorul unei legături rigide inverse.

Prin introducerea legăturii inverse rigide la un element de integrare, acesta se transformă într-un element cu factor de amplificare egal cu unitatea şi o constantă de timp $T_a = \frac{1}{k_a}$. Astfel, sistemul structural nestabil se transformă într-un sistem structural stabil.

Uneori nu este util să se aplice integral şi negativ mărimea de ieşire la intrarea elementului de integrare şi în aceste cazuri se aplică o legătură inversă rigidă, necompletă.

Cîteodată este util să se aplice în paralel o legătură rigidă şi o legătură elastică inversă.

Caracterul fenomenului tranzitoriu şi influenţa parametrilor asupra caracterului procesului de reglare reprezintă a doua condiţie ce se impune unui sistem de reglare automată.

Sistemele de reglare automată care satisfac condiţiile de stabilitate pot fi practic inutilizabile dacă nu îndeplinesc următoarele proprietăţi care definesc procesul de reglare:

— durata procesului de reglare, în cazul unei singure perturbări, trebuie să fie mai mică decît o valoare fixată iniţial;

— o nouă reglare nu trebuie să depăşească valoarea stabilită;

— numărul de oscilaţii al mărimii reglabile în procesul de reglare nu trebuie să depăşească valoarea stabilită anterior.

Aprecierea fenomenului tranzitoriu se face în raport cu componenta care are constanta de amortizare minimă.

Procesul de reglare se termină cînd toate componentele fenomenului tranzitoriu se amortizează. Viteza de amortizare a fiecărei componente se determină prin valoarea absolută a părţii reale a rădăcinii corespunzătoare. Cu cît partea reală a rădăcinii, în valoare absolută, este mai mare, cu atît fenomenul se amortizează mai repede. Cu cît durata de amortizare a componentei a cărei constantă de amortizare este minimă este mai mică decît cea aleasă prin condiţiile tehnice de durată a procesului tranzitoriu, cu atît durata reală a fenomenului va fi cu certitudine mai mare.

Fenomenul tranzitoriu se termină după 3—4 constante de timp, care reprezintă valorile inverse ale părţii reale a rădăcinii minime.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se cunoaşte ecuaţia caracteristică a ecuaţiei diferenţiale a sistemului de reglare şi s-a verificat dacă coeficienţii ecuaţiei satisfac criteriul lui Routh—Hurwitz de stabilitate se poate calcula durata relativă a regimului tranzitoriu ca fiind de 4 ori constanta de timp, determinată din planul rădăcinilor ecuaţiei caracteristice.

Acest grad de stabilitate, a lui Bromberg, apreciază durata fenomenului tranzitoriu în raport cu rădăcina, fără a ţine seama de condiţiile iniţiale.

Metoda frecvenţelor, de examinare a calităţii sistemului de reglare automată, se bazează pe relaţiile care leagă ecuaţia fenomenului tranzitoriu cu caracteristica de frecvenţă în cazul cînd asupra sistemului acţionează o perturbaţie în formă de impuls unitar. Acţiunile sub formă de impuls sînt mai dificile din punctul de vedere al fenomenului tranzitoriu decît acţiunile care variază lent.

Studiul naturii regimului tranzitoriu în raport cu aspectul caracteristicii de frecvenţă se bazează pe folosirea părţii reale sau părţii imaginare a caracteristicii de frecvenţă sau a caracteristicii amplitudine fază.

Cînd se folosesc caracteristicile amplitudine fază se pot afla proprietăţile sistemului însuşi şi se poate exprima spectrul acţiunii de perturbare.

Ecuaţia caracteristicii amplitudine fază este de forma:

$$K(j\omega) = H(\omega),\ e^{j \cdot B(\omega)} = R(\omega) + jQ(\omega) \qquad (2.7)$$

în care:

$H(\omega)$ este amplitudinea;
$B(\omega)$ — faza;
$R(\omega)$ — partea reală a caracteristicii sistemului închis;
$Q(\omega)$ — partea imaginară a caracteristicii sistemului închis.

Dacă partea reală a caracteristicii de frecvenţă $R(\omega)$ devine infinită pentru o valoare oarecare ω, sistemul este nestabil.

Durata fenomenului tranzitoriu este cu atît mai scurtă, cu cît caracteristica de frecvenţă $R(\omega)$ este mai lină, adică cu cît maximele curbei sînt mai mici în valoare absolută şi cu cît panta este mai mică în toate punctele curbei.

Caracteristica de frecvenţă, fiind o funcţiune descrescătoare continuă, se poate înlocui aproximativ cu un trapez avînd intervalul de trecere a frecvenţelor ω_c, iar durata fenomenului tranzitoriu cuprinsă între limitele:

$$\frac{\pi}{\omega_c} \leqslant t_0 \leqslant \frac{4\pi}{\omega_{0c}} \qquad (2.8)$$

Parametrii sistemului de reglare trebuie astfel aleşi încît caracteristica reală de frecvenţă să fie cuprinsă între două limite, pentru ca curba fenomenului tranzitoriu să fie situată în zona limitată de suprareglare admisă, cu durata admisă a fenomenului tranzitoriu şi precizia admisă la efectuarea reglajului.

Pe baza caracteristicilor reale de frecvenţă se poate determina grafic amplitudinea fază şi caracteristicile reale şi imaginare de frecvenţă.

Scanned with OKEN Scanner

Construirea caracteristicilor de frecvenţă a unui sistem închis se face pe baza limitei de împărţire în D, care are unele proprietăţi legate de factorul de amplificare şi care permit aprecierea prealabilă a fenomenului tranzitoriu, fără construirea caracteristicilor reale de frecvenţă.

Practic, se înlocuieşte curba caracteristicii reale de frecvenţă cu o linie frîntă care să se poată însuma din trapeze. Se determină regimul tranzitoriu pentru fiecare trapez în parte, utilizînd tabelele pentru trapezul $R(D)=1$ şi $\omega_0=1$.

Tabela sinusurilor integrale dă valoarea lui X_s care înmulţite cu $R(o)$ permite determinarea ordonatei regimului tranzitoriu corespunzător caracteristicii reale de frecvenţă.

Metodele de examinare a stabilităţii şi a caracterului fenomenelor tranzitorii în sistemele de reglare automată permit să se poată aprecia dacă schema sistemului de reglare este just aleasă şi dacă ea nu poate fi îmbunătăţită prin adăugarea, excluderea sau mutarea elementelor sale.

Analiza sistemelor cu un singur contur a arătat că toate sistemele au un factor de amplificare critic limitat, care poate fi depăşit numai prin introducerea elementelor de stabilizare cu funcţiune operaţională:

$$\frac{T \cdot p}{1 + T \cdot p} \tag{2.9}$$

Elementul de stabilizare cu această funcţie operaţională poate fi cuplat în paralel cu cel mult două elemente de relaxare. S-a stabilit că la sistemele cu trei elemente este raţional să se cupleze elementul de stabilizare în paralel cu un element de relaxare, iar la sistemele cu patru elemente, elementul de stabilizare se cuplează în paralel cu două elemente de relaxare.

În cazul a trei elemente de relaxare, se obţine un sistem stabil şi un factor de amplificare oricît de mare dacă există un element cu un factor de amplificare mare cu care să se cupleze în paralel elementul de stabilizare.

Regula enunţată este valabilă şi pentru sistemele cu patru elemente: elementul de stabilizare se cuplează în paralel cu elementele de relaxare care au produsul coeficienţilor de amplificare cel mai mare.

Dacă sistemul este format numai din elemente oscilante, elementul de stabilizare poate fi cuplat în paralel numai cu un element oscilatoriu. Un element oscilatoriu poate rămîne după ieşirea elementului de stabilizare dacă acesta este de tip derivată.

Dacă sistemul are n elemente de integrare, $(n-1)$ dintre ele trebuie să fie şuntate cu elemente de stabilizare.

Regula practică de compunere a schemei sistemului este următoarea:

a) se construieşte schema structurală cu elemente de relaxare, element oscilatoriu sau elemente de integrare, inclusiv elementele de stabilizare;

b) se aleg parametrii ecuaţiei degenerate pentru a se obţine regimul tranzitoriu optim;

Scanned with OKEN Scanner

c) se trasează curba împărțirii în D în raport cu factorii de amplificare a elementelor care se șuntează cu elemente de stabilizare și se determină limita inferioară de stabilitate;

d) avînd limita inferioară de stabilitate se alege valoarea factorilor de amplificare pentru care se obține valoarea cerută a preciziei.

2.3. ALEGEREA SCHEMELOR STRUCTURALE CU COMANDĂ PRIN SALTURI

În industria chimică sînt faze tehnologice care prin utilajul întrebuințat, parametrii controlați și precizia dorită nu necesită menținerea unor parametri la o valoare dată sau variind continuu. Asemenea procese tehnologice nu necesită o automatizare cu comandă continuă, deoarece parametrii sînt stabilizați prin natura procesului, iar controlul și reglarea trebuie să se facă numai la ieșirea din limitele de siguranță ale utilajului. Circuitele de automatizare ale acestor procese tehnologice sînt formate din elemente simple numite relee și contactori.

Caracteristic releelor și contactorilor este funcționarea în salt, la intervale, ele fiind determinate pe baza valorii diferiților parametri luați în considerare la proiectare și care se presupun că rămîn suficient de stabili în timpul funcționării agregatului.

Automatizările de acest tip în care nu sînt prevăzute dispozitive de corecție care să țină seama de eventuala variație a parametrilor procesului tehnologic se numesc *comenzi în circuit deschis* și se folosesc mai ales la acționările electrice automate.

Multe procese tehnologice au parametri ce se pot automatiza cu elemente avînd structura de releu, iar aparatajul de reglare folosit este simplu, rezistent, ușor de întreținut și se fabrică relativ ușor.

În schema structurală cu comandă prin salturi, primul element este acela care declanșează comanda. Parametrul este de cele mai multe ori de natură neelectrică, în timp ce în circuitele de automatizare se folosesc elemente electrice.

Trecerea de la parametrul neelectric la parametri electrici se face prin dispozitivele numite *traductori*. În procesele de automatizare prin relee, traductorii sînt mai simpli decît la sistemele de reglare automată, deoarece în ultimul caz, între mărimea de intrare în traductor și mărimea de ieșire trebuie să fie o relație continuă de proporționalitate.

Elementul de bază al automatizării este *releul electric*, care servește ca releu intermediar, deoarece primește o comandă de putere mică de la traductor și transmite o comandă de putere sensibil mai mare și natura dorită a curentului ce acționează elementul următor.

Din structura releului electric rezultă o diagramă de funcționare caracterizată prin:

x_a — curentul de atracție a releului;

x_e — curentul de eliberare a releului;

x_m — curentul care trece prin releu;

$k_r = \frac{x_e}{x_a}$ — coeficientul de revenire;

$k_a = \frac{x_m}{x_a}$ — coeficientul de siguranță.

Releele din instalațiile de automatizare au coeficientul de revenire cu valoarea 0,6—0,8, iar coeficientul de siguranță 1,2—2.

Releul mai are următoarele caracteristici de utilizare:

— puterea de declanșare — puterea ce trebuie adusă în circuitul de comandă pentru a închide circuitul următor;

— puterea de execuție — valoarea maximă a puterii electrice în circuitele de comandă pentru care releul lucrează în mod sigur;

— timpul de declanșare — intervalul de timp dintre stabilirea semnalului de declanșare pînă la închiderea contactelor releului din circuitul de execuție.

Releele electromagnetice neutre sînt simple și sigure; de aceea se folosesc cel mai mult în instalațiile de automatizare.

Releele electromagnetice polarizate se întrebuințează unde este necesară o mare sensibilitate și cînd trebuie să se țină seama de schimbarea de sens a curentului de declanșare.

Releele magnetoelectrice au o mare sensibilitate și un consum redus de putere, dar se folosesc rar din cauza fragilității și nestabilității termice.

Releele electronice sînt lipsite de inerție la acționare, au consum redus de energie, nu au piese mobile, dar au dezavantajul duratei relativ scurte de funcționare a tuburilor electronice.

Caracteristicile care determină funcționarea sigură a releelor în schemele de automatizare sînt însă următoarele:

— curentul admisibil de durată la întreruperea circuitelor cu selfinducție importantă trebuie să fie față de curentul de întrerupere în raportul $^1/_3$ pentru curentul alternativ sau $^1/_{25}$ pentru curentul continuu;

— numărul minim de acționări pe care îl poate suporta fără deteriorări mecanice sau electrice trebuie să fie de ordinul a 10 milioane acționări, cu o cadență pînă la 2 000 acționări pe oră. Releele cu întîrziere bazate pe sistemul de orologerie sau motor suportă maximum 500 000 de acționări cu o cadență orară de 20—100 acționări.

Contactorii au același principiu de funcționare ca și releele electromagnetice, dar servesc pentru închiderea și deschiderea circuitelor de alimentare a dispozitivelor de execuție a instalațiilor automatizate. Ei se construiesc pentru curenți relativ mari și pentru tensiunile industriale cu care sînt alimentate dispozitivele de execuție.

Puterea necesară comenzii contactorilor, în perioada de închidere, atinge 100 VA, iar în regim permanent 10 VA. Sarcina este puternic inductivă, iar timpul de funcționare a contactorilor ajunge la 0,105 s. Numărul normal de acționări este de 60 pe oră. Pentru acționări peste această limită trebuie prevăzuți contactori de construcție specială.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru automatizările cu viteze mari de deplasări se utilizează o bobină cu circuitul magnetic deschis, care se închide în anumite poziţii ale dispozitivului mobil, modificînd prin variaţia inductanţei, caracteristicile unui circuit electric de curent alternativ şi obţinînd timpi de funcţionare de ordinul 0,02—0,03 s.

Pentru procesele cu caracter ciclic, se controlează simultan sau succesiv parametrii după un program fixat în prealabil, sau care se declanşează la valori determinate ale parametrilor tehnologici. În acest caz se foloseşte un dispozitiv de comandă cu program avînd un ax ce se roteşte de către electromotor în 12—14 s. Pe ax sînt 16—20 came profilate care acţionează, conform profilului, cîte unul din cele 12—36 contacte aşezate pe periferie.

Schemele automatizării cu relee sînt simple şi au fost tipizate, iar în străinătate s-a trecut chiar la standardizarea şi prefabricarea panourilor de comandă automată a motoarelor.

Se pot automatiza cu relee şi contactori următoarele faze tehnologice:

— operaţiile de încărcare şi descărcare;
— transporturile pe bandă;
— operaţiile de cîntărire, sortare şi împachetare;
— reglajele de temperatură, presiune, umiditate, nivel şi debit;
— procesele tehnologice cu caracter ciclic;
— tehnologiile în care parametrii variază puţin;
— telemecanica comenzilor.

Întocmirea unei scheme care să satisfacă condiţiile impuse de un program tehnologic se poate baza pe teoria matematică a schemelor cu relee, pe experienţa şi abilitatea proiectantului.

Spre deosebire de reglajul automat în care parametrii iau un număr infinit de valori ce formează o multiplicitate continuă şi se pot exprima prin ecuaţii diferenţiale, sistemele cu contactori şi relee sînt caracterizate prin faptul că parametrii iau un număr finit de valori, de cele mai multe ori numai două valori. În acest caz nu se mai aplică analiza infinitezimală, ci logica matematică. Baza analizei o formează operaţiile fundamentale ale algebrei booleene şi corpul imaginarelor lui Galois, care se aplică la schemele π, numite şi schemele în serie-paralel.

Metoda de analiză şi sinteză a schemelor presupune că toate conexiunile sînt în serie sau în paralel.

Schemele cu relee şi contactori sînt complexe, deoarece în afară de funcţiunile lor principale trebuie să îndeplinească şi funcţiunea de autocontrol, iar proiectarea lor se execută în mod normal în ordinea următoare:

1. Se formulează condiţiile de funcţionare ale schemei.
2. Plecînd de la aceasta, se determină numărul şi compunerea elementelor (relee, contacte, electromagneţi, dispozitive de semnalizare etc.), precum şi legăturile între ele.
3. Pe baza prescripţiilor privitoare la siguranţa de funcţionare a instalaţiei se calculează sau se aleg caracteristicile tehnice ale elementelor schemei (natura curentului, tensiunea, parametrii înfăşurării releelor, natura contactelor) şi se determină diferenţele în timp ale schemei.

Scanned with OKEN Scanner

4. Se verifică funcționarea schemei și se analizează funcționarea acesteia în caz de deranjamente.

5. Se definitivează schema din punct de vedere constructiv.

Prin folosirea logicei matematice, determinarea structurii schemei, care satisface condițiile de funcționare impuse, se reduce la următoarele:

a) înregistrarea analitică a condițiilor de funcționare a schemei;

b) transformarea expresiei analitice obținute;

c) reprezentarea grafică a schemei conform cu expresia definitivă obținută pentru structura acestei scheme.

Schema se împarte în părți pentru a stabili circuitele care acționează asupra unui element dat. Aceste circuite se descriu sub formă de relații analitice, care se transformă pentru a exprima condițiile de funcționare.

Contactele releelor se notează cu litere mici cînd contactul este stabilit și cu litere barate cînd contactul este întrerupt.

Legarea unui element în paralel se înseamnă cu semnul $+$, iar legarea în serie cu semnul $\cdot$.

$$f(x)=(x+y)\cdot\bar{z} \tag{2.10}$$

Pentru a se putea aplica operațiile din algebra obișnuită se notează un circuit închis în permanență cu 1 și un circuit deschis în permanență cu 0.

Întrucît la legarea în serie a unui contact normal închis cu un contact normal deschis se formează un circuit deschis în permanență, se scrie identitatea:

$$x\cdot\bar{x}=0 \tag{2.11}$$

Dacă se leagă în paralel un contact normal închis cu un contact normal deschis se obține un circuit închis în permanență, se scrie identitatea:

$$x+\bar{x}=1 \tag{2.12}$$

Au mai fost stabilite următoarele identități:

$$\bar{x}\cdot 0=0 \quad x\cdot 1=x \quad x+0=x \quad x+1=1 \quad x\cdot x\cdot x\ldots x=x$$
$$x+x+x+x=x \quad x+xy=x \quad x(x+y)=x \quad x+\bar{x}y=x+y$$
$$x(\bar{x}+y)=xy \tag{2.13}$$

Cu ajutorul acestor identități se scrie funcționarea care reprezintă structura schemei și care după simplificări indică o schemă ce îndeplinește aceleași condiții de funcționare.

În afară de schemele din clasa π, formate din elemente legate în paralel și în serie, în industriile chimice se întîlnesc scheme din clasa H, unde elementele sînt legate între ele sub formă de punte și care se mai numesc și scheme neparalel-serie. Aceste scheme sînt cele mai economice din punct de vedere al numărului de elemente, deoarece permit buna lor asociere. Se scrie și pentru aceste scheme formele structurale inițiale și anume: $F=ac+cdeg+bde+abg+dh+aegh$.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicînd metodele algebrei logice se scot elementele identice în afara parantezei $F=c(a+deg)+b(de+ag)+h(d+age)$.

Transformarea mai departe spre forma cea mai simplă se face studiind forma structurală a posibilității introducerii legăturilor în punte. Schemele din clasa H se caracterizează prin existența unei legături în serie a fiecărui element cu fiecare element final.

Al doilea indiciu pentru determinarea apartenenței schemei la clasa H sînt permutările termenilor din paranteză.

Separarea elementelor inițiale și finale se bazează pe observația că ele nu intră sub formă de produs în termenii formulelor structurale ci sînt conținute în toți termenii acestei formule.

La proiectare se folosește tabela lui Piesh care conține toți termenii formulei structurale dispuși pe coloane și linii, astfel că rezultă imediat elementele inițiale și finale.

După stabilirea elementelor inițiale și finale ale schemei se determină locul de legătură a acestor elemente.

Studiul sistemelor de reglaj discontinuu se face cu ajutorul funcțiunilor în scară și transformarea Laplace discretă a acestor funcțiuni, fapt care determină să fie formal asemănătoare teoriei reglajului continuu.

În locul elementului amplificator sau de comandă se utilizează un element de impuls.

Un sistem de reglaj discontinuu se compune deci din următoarele elemente:

— obiectul reglajului;
— elementul de măsură;
— elementul de impuls;
— elementul de execuție;
— elementul stabilizator.

Elementul de impuls este caracterizat prin faptul că transformă mărimea de intrare, care variază continuu, într-o succesiune de impulsuri, a căror parametri depind de valoarea mărimii și sînt emise la momente de timp echidistante.

Se deosebesc două sisteme de reglaj discontinuu.

1. *Sisteme de tipul unu,* la care mărimea de intrare se transformă într-o sucesiune de impulsuri a căror mărime este proporțională cu valorile variabilei.

2. *Sisteme de tipul doi,* la care mărimea de intrare se transformă într-o succesiune de impulsuri a căror durată este proporțională cu valorile variabilei.

Cele mai reprezentative elemente de impuls de ambele tipuri sînt manetele căzătoare la care variația duratei impulsului se obține prin modificarea profilului camei.

Se mai folosește ca element de impuls un sistem format din două relee din care unul lucrează sub acțiunea impulsurilor de telemăsură a variabilei reglate, în timp ce al doilea acționează sub impulsul elementului de înregistrare a mărimii prescrise.

Scanned with OKEN Scanner

Ecuațiile și operatorii sistemelor deschise de primul tip se studiază pentru cazul cînd asupra părții liniare acționează un impuls de o durată constantă și de mărime egală cu unitatea. În mod similar se poate obține operatorul sistemului deschis de reglaj discontinuu de tipul doi luînd drept element de impuls o succesiune de impulsuri de mărime constantă și cu durata variind proporțional cu valoarea mărimii de ieșire.

Se utilizează sistemul cu reacție rigidă sau elastică, care de cele mai multe ori este de natură electrică sau termică.

Caracteristicile de timp și frecvență la sistemele deschise se determină ca și în teoria reglajului continuu pentru o perturbație de forma unui salt unitar sau o perturbație armonică.

Sistemele de reglaj discontinuu pot fi fără întîrziere sau cu întîrziere, acestea prezentînd mari avantajii comparativ cu sistemele de reglaj continuu.

Din teoria stabilității sistemelor de reglaj discontinuu rezultă că domeniul de stabilitate a sistemului de tipul doi este mai larg decît domeniul de stabilitate al sistemului de tipul întîi.

Utilitatea reglajului discontinuu la reglarea unui obiect cu întîrziere poate să stabilizeze sistemul, care în cazul reglajului continuu ar fi fost instabil. Introducerea reacției rigide micșorează întotdeauna domeniul de stabilitate, în timp ce introducerea reglajului diferențial și al reacției elastice și rigide permite îmbunătățirea proprietăților dinamice ale sistemelor de reglaj discontinuu.

Scanned with OKEN Scanner

3. ELEMENTELE DISPOZITIVELOR DE AUTOMATIZARE

Dispozitivele de automatizare se compun dintr-o serie de elemente care îndeplinesc funcţii particulare determinate şi care se clasifică în elemente receptoare, elemente de transformare şi elemente de execuţie. Dispozitivele de automatizare moderne folosesc energia electrică, deoarece aceasta are posibilităţi variate de transformare, transmite acţiunea la distanţe mari, se poate obţine o precizie şi o sensibilitate considerabilă.

Elementele receptoare sezisează variaţiile mărimii de intrare sau de comandă şi le transformă în variaţiile unei alte mărimi adecvate pentru operaţiile următoare. Ca elemente receptoare se folosesc traductoarele şi releele.

Traductoarele sînt elemente receptoare care produc o transformare proporţională a variaţiilor mărimii sesizate.

Releele sînt elemente receptoare care produc o variaţie bruscă, în salt, a unei mărimi, în momentul cînd mărimea sesizată atinge o valoare dinainte stabilită.

Elementele de transformare au rolul să primească acţiunea elementului de recepţie şi să producă amplificarea, transformarea acţiunii, distribuirea acţiunii pe diferite căi de transmisie şi menţinerea la o valoare constantă a diferiţilor parametri. Din această categorie fac parte amplificatoarele, stabilizatorul, distribuitoarele etc.

Amplificatoarele recepţionează variaţia parametrului de intrare şi produc variaţia parametrului de ieşire de acelaşi gen cu primul, dar aparţinînd circuitului comandat. Se folosesc cînd energia primită de la elementul de recepţie sau intermediar este insuficientă pentru a pune în acţiune elementul următor din dispozitivul automat.

Stabilizatorul este elementul care netezeşte variaţiile unui parametru fizic dat în procesul de funcţionare a dispozitivului automat. Se foloseşte mai ales pentru stabilizarea parametrilor surselor de energie auxiliare sau pentru limitarea eventualelor creşteri anormale ale valorii acţiunilor transmise de la o verigă a dispozitivului la alta.

Distribuitoarele sînt elemente destinate repartizării acţiunii unui element receptor sau intermediar la unul din elementele de execuţie.

Elementele calculatoare servesc pentru introducerea anumitor relaţii cantitative între diversele mărimi şi se clasifică astfel: elemente de însumare, de înmulţire, de diferenţiere şi de integrare.

Elementele de execuţie primesc acţiunea ultimului element intermediar şi produc variaţiile necesare ale parametrului reglat. Din această grupă fac parte: releele, amplificatoarele, bobinele de reactanţă cu saturaţie, contactoarele de putere, motoarele electrice, electromagneţii de forţă etc.

Scanned with OKEN Scanner

3.1. ELEMENTELE RECEPTOARE ALE DISPOZITIVELOR DE AUTOMATICĂ

3.1.1. Relee şi traductoare directe. Releele şi traductoarele au rolul realizării unor legături funcţionale între variaţiile unui parametru dintr-un proces primar şi variaţia unui alt parametru dintr-un proces următor.

Traductoarele realizează o legătură continuă între variaţiile parametrilor, iar releele o variaţie în salturi. Reprezentarea grafică a acestei relaţii se numeşte *caracteristica statică de comandă.*

Variaţia mărimii comandate are loc cu o anumită întîrziere faţă de variaţia mărimii de comandă şi dependenţa în timp a variaţiei mărimii comandate se numeşte *caracteristica dinamică.* Caracteristicile dinamice se construiesc în următoarele moduri:

— variaţia în salt a parametrului;
— variaţia după o lege liniară a parametrului;
— variaţia după o lege sinusoidală a parametrului.

În ultimul caz se obţin caracteristicile de frecvenţă ale elementului, denumite caracteristicile amplitudine-frecvenţă şi fază-frecvenţă.

Caracteristicile de frecvenţă se reprezintă sub formă logaritmică sau polară.

Din punct de vedere constructiv, traductoarele şi releele se clasifică astfel:

— elemente cu transformare directă;
— elemente cu transformare intermediară.

La elementele cu transformare directă variaţia parametrului de comandă produce o variaţie nemijlocită a parametrului comandat. La elementele cu transformare indirectă se foloseşte un parametru auxiliar, care variază în funcţie de parametrul comandat şi care condiţionează parametrul de comandă.

Parametrii comandaţi în procesele electrice sînt rezistenţa, inductanţa, capacitatea şi forţa electromotoare. Traductoarele pentru parametrii rezistenţă, inductanţă şi capacitate se numesc *traductoare parametrice,* iar traductoarele cu forţa electromotoare se numesc *traductoare generatoare.*

Traductoarele se montează în următoarele scheme de conectare:

— conectare în serie;
— conectare în punte;
— conectare diferenţială;
— conectare de rezonanţă.

Calculul schemelor de montaj în serie se reduce la determinarea variaţiei curentului în circuit, dacă variază rezistenţa, inductanţa sau capacitatea.

Calculul schemelor de montaj în punte constă în determinarea curentului din diagonala aparatului de măsurat, cînd se dă tensiunea la bornele punţii, sau curentul din diagonala sursei de alimentare. Punţile sînt caracterizate prin sensibilitate de curent şi sensibilitate de tensiune, care reprezintă raportul dintre curentul sau tensiunea diagonalei aparatului de măsurat şi variaţia relativă a rezistenţei braţului.

Scanned with OKEN Scanner

Calculul schemelor de montaj diferenţiale se bazează pe determinarea curentului ce trece prin aparatul receptor simplu sau diferenţial, folosind principiul superpoziţiei curenţilor, dacă se scurtcircuitează succesiv bobinele sursei de forţă electromotoare din stînga şi dreapta. Montajul diferenţial este mai sensibil decît un montaj în punte cu braţe egale.

Calculul schemelor de montaj de rezonanţă se face cînd în circuit se montează o capacitate sau o inductanţă variabilă şi trebuie să se determine variaţia curentului, tensiunii sau a defazajului din reţea.

Se deosebesc următoarele tipuri de circuite:

— circuit cu rezonanţa tensiunilor avînd capacitatea şi inductanţa legate în serie;

— circuite cu rezonanţa curenţilor, cînd capacitatea şi inductanţa sînt legate în paralel.

Traductoarele realizează legătura funcţională între variaţia unui parametru dintr-un proces anterior şi variaţia unui alt parametru dintr-un proces următor.

Această legătură se reprezintă grafic în caracteristicile statice şi caracteristicile dinamice.

Caracteristicile statice de comandă a unui traductor au forma unei bucle de histerezis.

Variaţia mărimii comandate y în funcţie de variaţia mărimii de comandă x se face cu o oarecare temporizare datorită timpului necesar desfăşurării proceselor fizice.

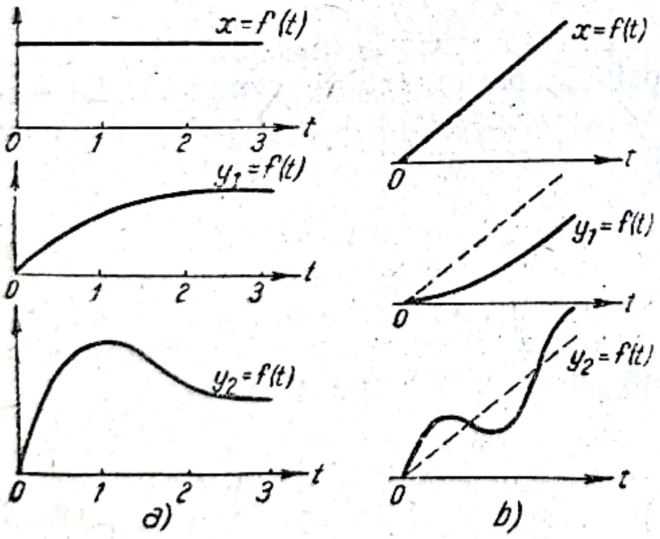


Fig. 3.1. Caracteristicile dinamice ale traductoarelor:

a — variaţia parametrului în salt; *b* — variaţia parametrului după o lege liniară; y_1 — proces de complexitate mică; y_2 — proces de complexitate mare.

Caracteristicile dinamice ale traductoarelor reprezintă dependenţa în timp a mărimii comandate şi se analizează în două ipoteze:

a) variaţia în salt a parametrului x;

b) variaţia după o lege liniară.

În fig. 3.1 au fost indicate pentru cele două cazuri variaţia mărimii comandate y în cazul unui proces de complexitate mică y_1 şi în cazul unui proces de complexitate mare y_2.

Traductoarele cu transformare directă se clasifică astfel:

1. Traductoare de mărimi mecanice.
2. Traductoare termice.
3. Traductoare optice.
4. Traductoare electrice.
5. Traductoare magnetice.
6. Traductoare de proprietăţi fizico-chimice a corpurilor.

Scanned with OKEN Scanner

1. *Traductoarele electrice de mărimi mecanice* sînt traductoare în care variaţia unei mărimi mecanice (deplasare, forţă şi acceleraţie) se transformă în variaţia unui parametru electric (rezistenţă, inducţie, capacitate sau forţă electromotoare).

— Traductoarele de deplasare cu rezistenţa variabilă sînt reostate cu fir care au o înfăşurare continuă sau secţionată pe carcasa izolantă sau metalică. Pentru bobinare se foloseşte sîrmă de manganin, constantan, aliaj de argint cu paladiu, platină cu iridiu şi osmiu, iridiu cu bismut, wolfram etc. Diametrele sîrmelor se iau de la 0,03 pînă la 0,1 mm şi la precizie mică, chiar pînă la 0,3 mm. Sîrma se bobinează cu o pretensionare pentru ca la scăderea temperaturii conductorul să nu slăbească, iar la încălzirea carcasei să nu depăşească limita de elasticitate.

Suprafaţa sîrmei se acoperă cu email care izolează spirele vecine între ele, iar după bobinare se acoperă cu lac toată suprafaţa pentru fixarea spirelor. Suprafaţa de contact se şlefuieşte în lungul firelor cu hîrtie şi cu disc de pîslă. Lăţimea de contact se ia de 2—3 ori diametrul sîrmei. Cursorul se face din platină cu iridiu, platină cu beriliu sau platină cu argint şi trebuie să asigure o presiune de contact de 1 g, care la coeficientul de frecare de 0,3 dă forţe de frecare de 1,5—3,0 g.

Diametrul sîrmei, în cm, se calculează cu relaţia:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho l L_0}{\pi f R}}, \qquad (3.1)$$

în care:

R este rezistenţa traductorului reostatic, în Ω;

ρ — rezistivitatea materialului sîrmei, în Ω/cm;

$f = 1{,}05\frac{d_1}{d}$ — coeficientul de bobinare (d_1 este diametrul sîrmei cu izolaţie, în cm);

l — lungimea medie a înfăşurării, în cm;

L_0 — lungimea înfăşurării pe carcasă, în cm.

Puterea de rezolvare a traductorului reostatic se numeşte deplasarea minimă care produce o variaţie a rezistenţei şi se calculează diferit, după cum elementul se conectează potenţiometric (divizor de tensiune) sau se conectează ca reostat (în serie cu sarcina).

Dacă este necesar ca pentru curentul din circuitul comandat să se obţină legi de variaţie diferite se recurge la construcţii cu carcase profilate, care pot fi de următoarele tipuri:

— carcase cu variaţia înălţimii;
— carcase cu diferiţi paşi de bobinare;
— carcase cu diferite secţiuni de sîrmă;
— carcase cu bobine de sîrme de metale diferite;
— carcase cu rezistenţe constante suplimentare care şuntează secţiile potenţiometrului.

Precizia unui traductor reostatic depinde de o serie de factori printre care: prelucrarea îngrijită a carcasei, calitatea conductorului, executarea îngrijită a bobinării, respectarea forței de întindere fixate, lacul de impregnare, regimul de uscare, șlefuirea căii contactului și asamblarea îngrijită.

Cînd se dorește să se obțină variația curentului de sarcină în funcție de fracțiuni din curentul din reostat, se folosesc scheme de conexiuni în punte a organelor executoare reostatice.

Traductoarele bolometrice au rezistența variabilă în funcție de încălzirea sîrmei, care depinde de răcirea produsă de o vînă de aer a cărui debit se reglează prin poziția unei clapete.

— Traductoarele de deplasare cu inductanță variabilă se bazează pe variația reactanței inductive a circuitului de comandă în curent alternativ, cînd se deplasează o armătură mobilă. Traductoarele din această grupă se clasifică astfel:

a) bobine de reactanță cu întrefier variabil;

b) bobine de reactanță cu aria secțiunii transversale a întrefierului variabilă.

Între curentul din circuitul executor și lungimea sau aria secțiunii transversale a întrefierului există relația:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_s + R)^2 + \omega^2 \left(L_s + \frac{k \cdot s}{\delta}\right)^2}} \qquad (3.2)$$

în care:

R este rezistența înfășurării bobinei, în Ω;
R_s — rezistența circuitului de sarcină, în Ω;
δ — lungimea întrefierului, în cm;
ω — pulsația curentului alternativ;
s — aria secțiunii transversale a întrefierului, în cm^2;
L_s — inductanța înfășurării bobinei, în H.

Forțele necesare deplasării armăturii mobile a miezului magnetic al bobinei se reduc folosind două bobine de reactanță conectate după scheme diferențiale sau scheme în punte, astfel că se obține o acțiune mai netă asupra dispozitivului de comandă.

Se folosesc și sisteme executoare în care prin acțiunea traductorului se introduce sau se scoate o lamă de oțel, iar variația impedanței bobinei se folosește pentru comanda circuitului de curent alternativ.

Alt tip de traductoare folosesc variația inductanței unui solenoid datorită variației permeabilității magnetice sau influența variației nivelului unor substanțe feromagnetice granulate.

— Traductoarele de deplasare cu capacitate variabilă se folosesc în circuitele de curent alternativ de înaltă frecvență și

se bazează pe relaţia ce există între capacitatea condensatorului C, în picofarazi, şi suprapunerea relativă a plăcilor:

$$C = \frac{\varepsilon bx}{3{,}6\pi d} \tag{3.3}$$

în care:

ε este constanta dielectrică relativă a mediului dintre armăturile condensatorului;
b — lăţimea plăcilor, în cm;
d — distanţa între plăci, în cm;
x — suprapunerea relativă a plăcilor, în cm.

Fiindcă valoarea capacităţii nu poate depăşi din motive constructive 50 pF, traductoarele cu capacitate variabilă se folosesc exclusiv în circuitele de curent alternativ de înaltă frecvenţă.

— Traductoarele de deplasare cu forţa electromotoare variabilă se bazează pe mişcarea unui rotor şi obţinerea unei forţe electromotoare variabile, indusă în circuitul rotorului. Curentul din circuitul sarcinii depinde de valoarea inducţiei mutuale. În schemele practice se folosesc următoarele elemente:

— selsine cu înfăşurare statorică monofazică, dacă curenţii au valori mari;

— oscilatori cu tub electronic între bobinele căruia se poate deplasa un ecran mecanic;

— generator de curent continuu cu turaţie variată prin dispozitiv de fricţiune;

— generator de curent alternativ cu flux magnetic variabil.

— Traductoarele de forţă se bazează pe variaţia inductanţei, rezistenţei, capacităţii şi forţei electromotoare.

Traductoarele de tensiune se bazează pe legea lui Hooke care dă relaţia dintre alungirea sîrmei şi forţa şi dependenţa rezistenţei sîrmei de secţiune. Se stabileşte relaţia:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{P}{A}, \tag{3.4}$$

în care:

P este forţa de întindere a sîrmei, în kgf;
A — secţiunea, în cm^2;
k — coeficient în funcţie de coeficientul lui Poisson şi modulul de elasticitate.

Tensiometrele sînt alcătuite dintr-o serie de bucle de 5—25 mm lungime, din sîrmă de 0,002—0,05 mm diametru, lipite pe suport de hîrtie şi acoperite cu o fîşie de hîrtie de protecţie. Elementul se lipeşte pe aparat cu clei şi se conectează într-o schemă în punte sau potenţiometrică. Pentru a compensa influenţa variaţiei temperaturii se conectează în braţul

Scanned with OKEN Scanner

vecin al punţii un traductor lipit pe o placă din acelaşi material care nu este supusă la efort, dar se găseşte în aceleaşi condiţii ambiante.

În afară de traductoarele cu fir se utilizează traductoare cu materiale semiconductoare (tensoliţi), de exemplu grafit + cuarţ + smoală, care se montează ca fîşii cu lungimea de 60 mm, lăţimea 4 mm şi grosimea 3 mm, sub o cămaşă izolantă.

— Traductoarele din coloane de plăci de cărbune se folosesc pe baza variaţiei rezistenţei de contact. Aliajele nichel-fier se pot utiliza ca traductoare de forţă folosind variaţia permeabilităţii materialelor feromagnetice cînd apar tensiuni mecanice.

Se folosesc şi traductoare bazate pe variaţia constantei dielectrice a materialului cînd acţionează asupra lui o forţă.

— Traductoarele piezoelectrice se bazează pe apariţia sarcinilor electrice pe feţele laterale cînd de-a lungul axei unui cristal de cuarţ, turmalină sau sare Seignette acţionează o forţă şi cînd există relaţia:

$$q = k \cdot P \tag{3.5}$$

în care:

q este sarcina electrică, în C;

k — modulul piezoelectric (cuarţ $2,1 \cdot 10^{-11}$ C/kgf, turmalină $5,8 \cdot 10^{-11}$ C/kgf);

P — forţa, în kgf.

Capacitatea traductorului C, în picofarazi, se calculează cu relaţia:

$$C = \frac{\varepsilon f}{3,6\,\pi d} \tag{3.6}$$

în care:

ε este constanta dielectrică a materialului lamelei;

d — grosimea lamelei, în cm;

f — aria feţei perpendiculare pe axă, în cm^2.

Tensiunea între armături se calculează cu relaţia:

$$U = \frac{k \cdot P}{C + C_0} \tag{3.7}$$

în care:

C_0 este capacitatea conductorilor şi a aparatelor din schema de montaj.

— Traductoarele de viteză se clasifică în traductoare cu rezistenţă variabilă şi traductoare cu forţă electromotoare variabilă.

Traductoarele cu rezistenţă variabilă se bazează pe răcirea unei sîrme încălzite cu curent electric la diferite viteze ale curentului de gaz sau lichid. Curentul trebuie să fie perpendicular pe axa sîrmei din platină sau nichel.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru starea staţionară a încălzirii, pentru rezistenţa organului receptor în funcţie de viteză se foloseşte relaţia:

$$R = R_0 \frac{[a + b\sqrt{v}]\, l}{l\,[a + b\sqrt{v}] - 0{,}24\, I^2 R_0 \cdot \alpha} \tag{3.8}$$

în care:

a şi b sînt coeficienţi de transmisie a căldurii, în cal/cm · s · grd;
v este viteza de mişcare a fluidului, în cm/s;
l — lungimea firului, în cm;
I — intensitatea curentului electric necesar încălzirii firului la temperatura limită, în A;
R_0 — rezistenţa firului, în Ω;
α — coeficientul de temperatură $\frac{1}{°C}$.

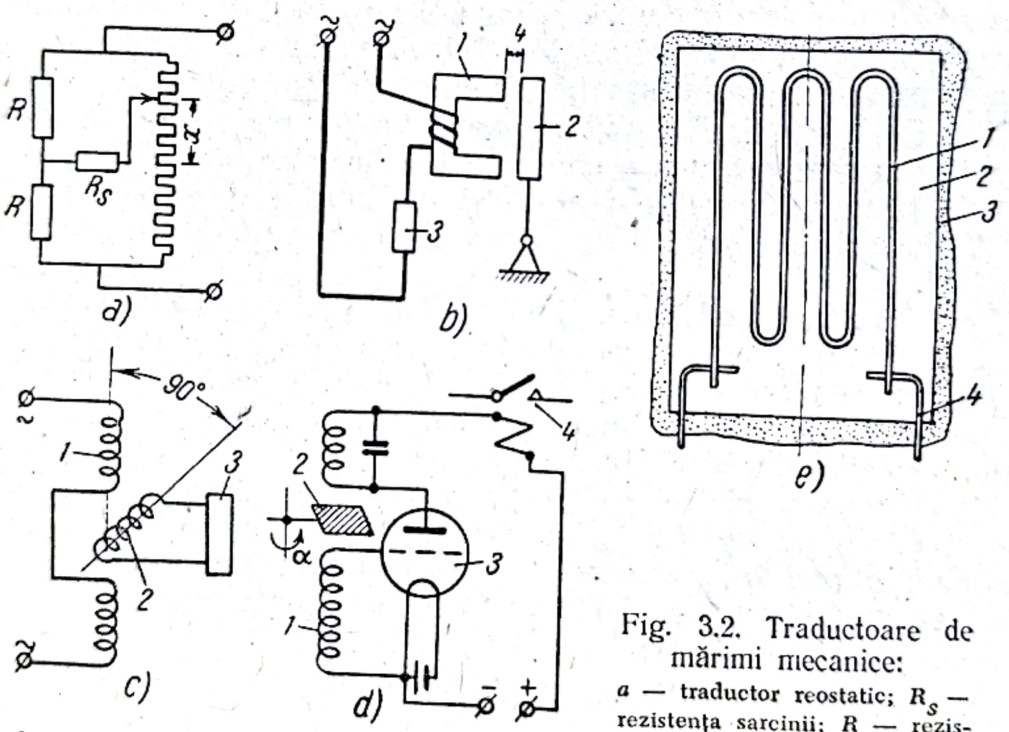


Fig. 3.2. Traductoare de mărimi mecanice:
a — traductor reostatic; R_s — rezistenţa sarcinii; R — rezistenţa jumătăţii reostatului × deplasarea; *b* — traductor inductiv cu întrefier variabil: *1* — miez magnetic; *2* — armătură mobilă; *3* — circuitul sarcinii; *4* — întrefier variabil; *c* — traductor de deplasare cu f.e.m. variabilă: *1* — circuit primar; *2* — circuit secundar; *3* — circuitul sarcinii; *d* — traductor de deplasare cu tub electronic şi ecran: *1* — circuit primar oscilator; *2* — ecran metalic; *3* — tub electronic; *4* — conector de sarcină; *e* — traductor de forţă cu rezistenţa variabilă: *1* — sîrmă; *2* — hîrtie; *3* — clei; *4* — borne.

Traductoarele cu forţă electromotoare variabilă se bazează pe mişcarea unui conductor într-un cîmp magnetic dat de un magnet permanent al generatoarelor tahometrice.

În fig. 3.2 se arată schema traductoarelor cu mărimi mecanice.

2. *Traductoarele termice* se bazează pe variaţia rezistivităţii, permeabilităţii sau constantei dielectrice cînd variază temperatura. Datorită aces-

tor variații se modifică forța electromotoare, curentul, frecvența sau faza în circuitul comandat.

— Traductoarele cu rezistență variabilă se bazează pe conductori sau semiconductori. Conductorii din cupru, oțel, nichel sau platină sub formă de sîrmă subțire, se înfășoară pe o carcasă lamelară, cilindrică sau în cruce. Pentru protecție, carcasa cu înfășurarea respectivă se introduce într-o cămașă protectoare. Valoarea rezistenței se calculează în funcție de temperatură cu relația:

$$R = R_0 (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2 + \gamma\theta^3) \tag{3.9}$$

Cuprul se folosește pînă la 150°C, oțelul și nichelul pînă la 300°C, iar platina pînă la 900°C. Diametrul sîrmei este de 50—100 mm și rezistența inițială a traductorului se ia 40—100 Ω.

Semiconductorii cu coeficient de temperatură negativ mare se numesc *termistoare* și au caracteristica tensiune-curent neliniară. Coeficientul de temperatură mare al rezistenței asigură o sensibilitate mai mare. Se folosesc termistoare din telur și aliajele lui cu argintul. Termistorul se folosește ca termometru de rezistență sau ca măsurător al rezistenței fluidului.

— Traductoarele cu capacitate variabilă se bazează pe variația cu temperatura a constantei dielectrice mai ales a unor combinații ale titanului care se pot folosi în limitele de la —100°C pînă la +100°C. Variația capacității se măsoară cu schemă în punte sau schemă diferențială.

— Traductoarele cu inductanță variabilă se bazează pe variația inductanței magnetice în funcție de temperatură la aliajele fier-nichel cu adaos de crom și siliciu. Bobina de reactanță cu miezul din aliaje termomagnetice se folosește ca organ receptor conectînd-o în schemă în punte, diferențial sau de rezonanță.

— Traductoarele generatoare cu forțe termoelectromotoare se bazează pe forța termoelectromotoare a termocuplurilor din metale prețioase, metale ordinare sau semiconductori legați în serie. Forța termoelectromotoare este o funcție de temperatură și se determină cu relația:

$$E = a\theta_1 + b\theta_1^2 + c\theta_1^3 + \ldots \tag{3.10}$$

Caracteristicile dinamice ale traductorului se determină din bilanțul termic și are forma:

$$\theta_0 = \theta + \tau \frac{d\theta}{dt}, \tag{3.11}$$

în care:

$\tau = \frac{cV}{\mu S}$ este constanta de timp a traductorului;

c — căldura specifică volumetrică a traductorului, cal/cm³·grd;

V — volumul traductorului, în cm³;

$d\theta$ — creșterea temperaturii traductorului în timpul dt.

Scanned with OKEN Scanner

Constanta de timp se cotează cu și fără a ține seama de evacuarea căldurii în lungul conductorilor, știut fiind că între cele două valori există relația:

$$\tau' = \frac{\tau}{1 + \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu} \frac{d}{4 l_0 l_n}} \tag{3.12}$$

Cunoscînd constanta de timp se calculează temperatura măsurată de termocuplu, cînd temperatura mediului variază după legea:

$$\theta_x = \theta_0 + \theta_m \cdot \sin \omega t \tag{3.13}$$

cu ajutorul relației:

$$\theta_m = \frac{\theta_a}{1 + j\omega\tau} \tag{3.14}$$

În fig. 3.3 se arată schematic un traductor termic.

3. *Traductoarele optice* (fig. 3.4.) folosesc celule fotoelectrice cu efect exterior, cu efect interior, cu strat de baraj și cu emisie secundară.

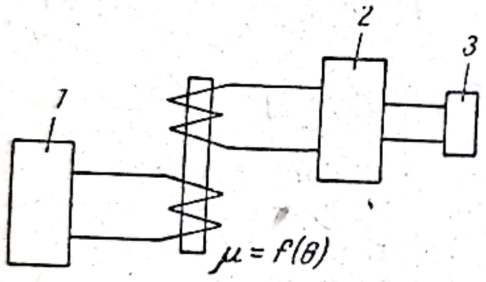


Fig. 3.3. Traductor termic:
1 — oscilator; *2* — amplificator; *3* — releu.

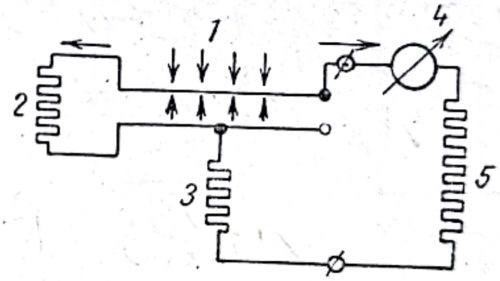


Fig. 3.4. Traductor optic:
1 — celulă fotoelectrică cu efect frontal; *2* — rezistența stratului de baraj; *3* — rezistența stratului de cupru; *4* — ampermetru; *5* — rezistența de sarcină.

— Celulele fotoelectrice cu efect exterior sînt definite prin caracteristicile: spectrală, de lumină, tensiune, curent și de frecvență.

Caracteristica spectrală arată dependența circuitului fotoelectric de lungimea de undă în cazul fluxului monocromatic constant și a unei tensiuni aplicate constant.

Caracteristica de lumină arată dependența curentului fotoelectric de flux în cazul lungimii de undă și a tensiunii constante.

Caracteristica tensiune-curent arată dependența curentului fotoelectric de tensiunea aplicată, presiunea gazului, natura gazului și construcția ei (cu vid sau cu gaz). Tensiunea aplicată celulei cu gaz nu poate depăși tensiunea de amorsare a descărcărilor la presiunea dată.

Caracteristica amplitudine-frecvență arată dependența curentului fotoelectric de frecvență.

— Celulele fotoelectrice cu efect interior se bazează pe mărirea conductibilităţii electrice a dielectricilor şi semiconductorilor iluminaţi. Din caracteristicile spectrale rezultă sensibilitate mare în regiunea infraroşie a spectrului.

— Celulele fotoelectrice cu strat de baraj sînt surse de forţă electromotoare şi funcţionează fără a se aplica tensiune exterioară. Ele sînt cu strat anterior sau cu strat posterior.

— Celulele fotoelectrice cu emisie secundară sînt celule cu efect fotoelectric exterior, la care se obţine o creştere considerabilă a sensibilităţii prin folosirea emisiei secundare. Se utilizează celule cu focalizare magnetică şi cu focalizare electrostatică. Aceste celule se folosesc la fluxuri de lumini mici, 10^{-9}—10^{-3} lm.

4. *Traductoarele electrice* (fig. 3.5) produc transformarea directă a variaţiei unui parametru electric (tensiune, curent, frecvenţă, defazaj) în variaţia altor parametri electrici (rezistenţă, tensiune, curent).

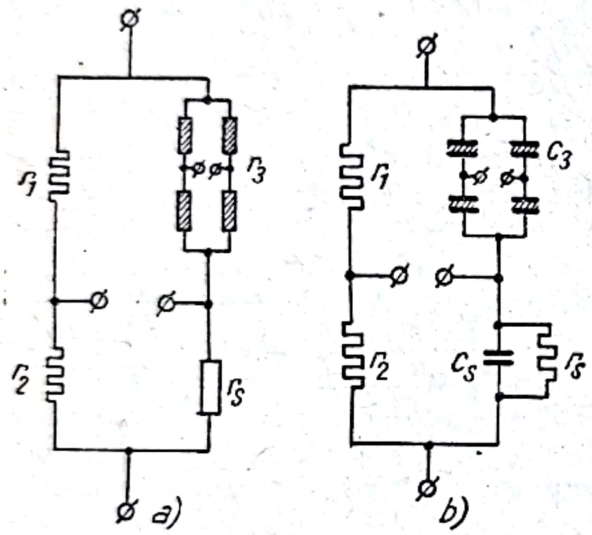


Fig. 3.5. Traductor electric:

a — traductor cu rezistenţa neliniară; r_1 şi r_2 — rezistenţele punţii de curent alternativ; r_3 — punte cu patru rezistenţe neliniare identice; r_s — rezistenţa sarcinii; *b* — traductor cu capacitate neliniară; c_3 — punte cu patru capacităţi egale; c_s — capacitatea sarcinii.

— Traductoare de tensiune şi curent se bazează pe caracteristica tensiune-curent:

$$U = R\,I, \qquad (3.15)$$

care poate fi liniară sau neliniară. Se utilizează mai ales traductoare cu rezistenţa neliniară (conductori, semiconductori, lămpi cu incandescenţă, baretoare, temistoare etc.) pentru a transforma nemijlocit variaţia valorii tensiunii în variaţia valorii rezistenţei. Montajul se face în punte alimentată cu tensiune alternativă şi formată din patru rezistenţe neliniare identice.

— Traductoarele cu capacitate neliniară se bazează pe variaţia constantei dielectrice în funcţie de variaţia cîmpului electric în dielectric. Se formează o punte cu patru capacităţi neliniare egale şi alimentînd în curent alternativ se obţine o valoare a reactanţei punţii cînd circulă un curent de sarcină prin puntea dezechilibrată.

— Traductoarele cu impedanţă neliniare se bazează pe variaţia permeabilităţii magnetice a unui material feromagnetic supus unui flux magnetic alternativ la diferite valori ale intensităţii cîmpului de magnetizare suplimentară, dat de curentul continuu. Pentru reducerea valorii curentului alternativ indus în circuitul de curent continuu se montează o bobină de reactanţă suplimentară sau mai bine două miezuri identice cu înfăşurări de curent alternativ şi de curent continuu care dau fluxuri orientate în sens contrar. Cînd se cere o acţiune rapidă se foloseşte

Scanned with OKEN Scanner

conectarea în paralel a înfășurărilor de curent alternativ, care are avantajul că utilizează acțiunea de magnetizare suplimentară a armonicelor pare a curentului și lipsa forței electromotoare a armonicelor pare în circuitul de comandă. Dezavantajul schemei este constanta de timp mare. Se folosesc scheme de traductoare cu inductanța variabilă, la care tensiunea rețelei este aplicată direct înfășurării primare a două sisteme magnetice conectate în serie, astfel că se obține la ieșire o tensiune de frecvență dublă. Acestea se utilizează ca traductoare de tensiune cu circuitul secundar deschis pentru a comanda tensiunea de grilă a unui tub electronic și cu avantajul constanței punctului inițial și putere mică consumată pentru comandă.

— Traductoarele de frecvență se bazează pe o schemă diferențială, în punte sau de rezonanță, în care se montează o reactanță inductivă sau capacitivă, și astfel se obține tensiunea la borne variind cu frecvența. Cele mai utilizate sînt schemele de conexiune în punte.

— Traductoarele de fază se bazează pe transformarea variațiilor de fază în variații de tensiune sau de curent și utilizează scheme diferențiale la care curentul de comutare nu trece prin sarcină. Se folosesc si traductoare de fază care obțin la ieșire curent redresat a cărui amplitudine este funcție de unghiul vectorilor a două tensiuni.

5. *Traductoarele magnetice* se bazează pe modificarea rezistivității în cîmpul magnetic al bismutului.

6. *Traductoarele de proprietăți fizico-chimice a corpurilor* folosesc proprietățile electrice ($\varepsilon \cdot \rho$), magnetice (μ), termice ($\lambda \cdot \mu$), optice ($n_\lambda \cdot \gamma$), acustice și mecanice (c) ale lichidelor și gazelor pentru determinarea compoziției lor.

Proprietățile electrice ale lichidelor variază considerabil cu temperatura și cu continutul de impurități. Influența temperaturii se compensează creînd condiții de temperatură identice pentru ambele rezistențe ale montajului în punte sau diferențial, sau legînd la același braț o rezistență suplimentară cu coeficientul de temperatură de sens contrar. Între electrozii de lucru se conectează o rezistentă de șuntare, iar în serie o rezistență suplimentară. Cînd se conectează traductorul în circuit alternativ trebuie să se țină seama de capacitatea electrică a traductorului si densitatea curentului trebuie să fie mică pentru a se evita încălzirea lichidului.

Proprietățile magnetice sensibile ale lichidelor și gazelor se folosesc la construirea traductoarelor bazate pe variația inductanței mutuale.

Forța electromotoare a cuplului metal-soluție se utilizează pentru măsurarea gradului de aciditate sau alcalinitate a soluției cunoscînd relația:

$$pH = \frac{E}{\zeta} = \frac{1}{n} \ln \frac{c}{c_0} \qquad (3.16)$$

în care:

ζ este o constantă;
E — forța electromotoare a cuplului metal-soluție;
n — valența metalului;

c — concentrația ionilor de metal în soluție;
c_0 — constantă determinată de presiunea de dizolvare.

Conductibilitatea termică a gazelor se utilizează la traductoarele analizoare de gaze, care, cu un montaj în punte, măsoară curentul în diagonale I_d și se calculează cu relația:

$$I_d = \frac{2I \cdot \Delta R}{4(R+R_s)} \tag{3.17}$$

în care:

ΔR este variația rezistenței;
R_s — rezistența diagonalei.

3.1.2. **Traductoare cu transformări intermediare.** Cînd nu se cunoaște relația între variația parametrului de comandă și variația parametrului comandat se utilizează traductoare cu transformare intermediară într-o mărime mecanică (forță, deplasare sau viteză), bazate pe existența relațiilor univoce între parametrii de bază și parametrul auxiliar.

În traductoarele cu transformare mecanică intermediară organele receptoare produc forțe prin acțiunea energiei exterioare. Caracteristicile de forță reprezintă variația acestor forțe în funcție de deplasarea părților mobile ale organelor receptoare. În deplasarea lor, părțile mobile întîmpină rezistența forțelor organelor executoare și intermediare. Caracteristica de sarcină reprezintă variația forțelor de reacțiune în funcție de deplasarea părților mobile ale organelor receptoare. Pentru funcționarea corectă a traductoarelor și releelor trebuie să se acorde caracteristicile de forță și caracteristicile de sarcină, astfel ca în toate punctele caracteristica de forță să fie deasupra caracteristicii de sarcină.

a) *Contactele* sînt organele de execuție ale releelor care se aleg cu multă grijă în ceea ce privește forma, dimensiunea și materialul contactului. Partea mecanică a contactului trebuie să asigure o apasare de contact și o cinematică și dinamică a contactelor, compatibilă cu șocurile și vibrațiile admisibile. Partea electrică se calculează în funcție de caracteristicile tensiune-curent ale contactului și valorile maxime admisibile ale curentului și tensiunii în circuitul contactelor.

Pentru contactele care funcționează la curenți mici se folosesc soluțiile solide ale metalelor prețioase: argint, aur, platină cu iridiu. La curenți foarte mici se folosește aliajul de argint cu 5% Ni. Pentru curenți care pot provoca arcuri voltaice se folosesc metale greu fuzibile și dure, de exemplu: wolfram, platină.

La curenți foarte mari se utilizează pentru contacte materiale cu două componente care nu se aliază între ele, una asigurînd conductibilitatea electrică, iar cealaltă, rezistența mecanică. Materialele se obțin prin metode metalo-ceramice din argint-wolfram, argint-molibden, argint-nichel,

Scanned with OKEN Scanner

cupru-wolfram și cupru-molibden. Oxidul de cadmiu se folosește deoarece degajă un volum mare de gaze care stinge arcul produs și dă o peliculă care protejează aliajul împotriva volatilizării fără a împiedica și refacerea contactului electric la închidere.

Contactele pentru conectări și deconectări frecvente se execută cu corp masiv pe cînd la conectări și deconectări rare forma adaptată va fi aceea a pachetului de lame.

Apăsarea pe contact se ia la releele de mare sensibilitate de 2,0 g, la releele sensibile de protecție 10 g, la releele intermediare 20 g, la releele puternice ale dispozitivelor automate 100 g. Contactele metaloceramice permit folosirea a maximum 350 g și minimum 80 g.

Contactele se așază pe arcuri lamelare de bronz fosforos și alpaca pentru a se asigura constanța proprietăților mecanice la zeci de milioane de declanșări.

Arcurile se fac din material de calitate cu structură fină și se taie în lungul sensului de laminare după care se supun unui tratament termic pentru îndepărtarea tensiunilor interne care apar în procesul prelucrărilor mecanice.

Numărul de contactări posibile se determină cu relația:

$$N = \frac{V_0 \cdot \eta \cdot \gamma}{\gamma_a \downarrow q_1 + \gamma_a \uparrow q_2} \qquad (3.18)$$

în care:

V_0 este volumul admisibil pentru transportul de material;

η — coeficientul de utilizare a volumului de lucru a contactului 0,5—1,0;

γ — greutatea specifică;

$\gamma_a\uparrow$ — cantitatea de metal care se transportă de pe unul din contacte pe celălalt la trecerea unei sarcini electrice de un coulomb, la deschidere;

$\gamma_a\downarrow$ — idem, la închidere;

q_1 și q_2 — cantitatea de electricitate care a trecut în cadrul unui ciclu sub formă de scîntei la închiderea sau deschiderea contactului.

Pentru înlăturarea vibrațiilor arcurilor de contact la conectare se prevăd opritoare rigide pe care arcul se așază cu o oarecare apăsare și constituie întinderea prealabilă.

Se pot evita vibrațiile dacă se fixează contactul fix pe un reazem rigid, iar cel mobil pe armătură, astfel că o parte din energie se pierde la deformare și numai restul provoacă mișcarea în sens invers a contactului mobil.

Pentru puteri mici se folosesc contacte punctiforme con-plan sau emisferă-plan, la care conul sau emisfera se leagă la polul pozitiv al sursei de curent. Combinația este comodă din punct de vedere tehnologic

Scanned with OKEN Scanner

deoarece aceste contacte nu trebuie să fie centrate la asamblare. Conul sau emisfera se aşază drept contact inferior pentru că pe ele nu se depune praf, sau mai bine unul alături de altul cu deplasarea în plan orizontal.

Pentru puteri mari, la care în procesul de deschidere se produc scîntei, construcţia contactului se adoptă de tipul emisferă-emisferă, semicilindru-semicilindru, semicilindru-plan sau plan-plan.

Rezistenţa de conctact se determină ţinînd seamă de materialul contactului, forma contactului şi de apăsarea exercitată. Din caracteristica tensiune-curent a arcului se construieşte caracteristica tensiune-curent limită a contactului şi caracteristica tensiune-curent de lucru din care se deduce caracterul uzurii (anodice sau catodice) în diferitele porţiuni din caracteristicile contactului.

Siguranţa de funcţionare depinde de apăsarea de contact şi de posibilitatea de murdărire a suprafetei contactului şi de aceea, experimental, se trasează un grafic a numărului probabil de cazuri de nefuncţionare raportate la numărul de închideri în funcţie de forţa de apăsare statică în contact. În caz de nevoie se măreşte siguranţa de funcţionare adoptînd două contacte identice care funcţionează în paralel.

Se poate mări durata de serviciu a contactelor folosind dispozitive de stingere a scînteilor compuse din circuite conţinînd rezistenţe (liniare şi neliniare) şi capacităţi care se conectează în paralel cu sarcina sau cu contactele. Se determină valoarea rezistenţei şi capacităţii care asigură o supratensiune mai mică decît tensiunea de amorsare a descărcării primare (2—330 V).

La puteri foarte mari atingerea iniţială a corpurilor de contact precede contactul final care are loc pe alte puncte ale suprafeţei pentru a se evita oxidarea şi arderea la apariţia arcului. Frecarea de alunecare înlătură peliculele de oxizi şi contribuie la realizarea unui bun contact. Se limitează alunecarea pentru a evita uzura mecanică a contactelor şi se repartizează deplasarea între rostogolire şi alunecare prin alegerea corespunzătoare a cinematicei contactelor şi a razei de rotunjire a contactelor. Contactele care întrerup curenţii mari se prevăd cu dispozitive de stingere de tip camere, coarne şi suflaj magnetic.

Durata de serviciu a contactelor se poate exprima cu relaţia:

$$N = \frac{a}{U}\frac{1}{I}, \qquad (3.19)$$

în care:

a este un coeficient experimental;
U — tensiunea;
I — valoarea curenţilor stabiliţi şi întrerupţi.

Contactele cu lansare permit puteri de rupere de 1 kW la 220 V, cu o durată de serviciu de $5 \cdot 10^6$ conectări şi o forţă de apăsare de 40 g.

Scanned with OKEN Scanner

Contactele cu vid cu legătură mecanică sau magnetică între contactul mobil interior și părțile mobile exterioare permit puteri de rupere de 1 kW la 220 V, cu o durată de serviciu de $1—5 \cdot 10^6$ conectări și o forță de apăsare de 10 g.

Contactele de mercur cu flotori de oțel sau de tip rotativ cu unghiul de înclinare de 3—8° au o putere de rupere de 500 W/cm³ volum de lucru între electrozii de mercur. Se mărește puterea de rupere prin umplerea balonului cu hidrogen și se asigură ruperea curentului între părți din coloana de mercur. Durata de serviciu va fi $1—2 \cdot 10^6$ conectări.

În fig. 3.6 se arată schematic diferite contacte.

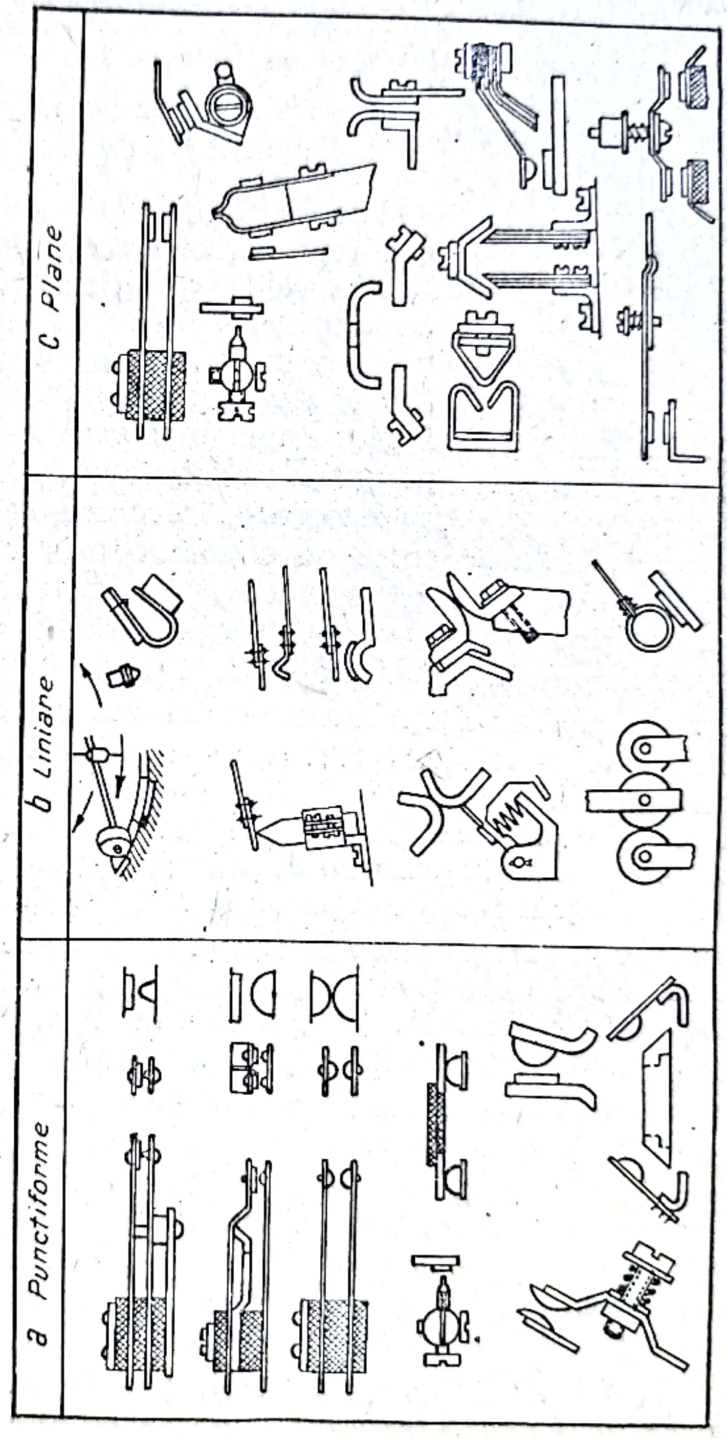


Fig. 3.6. Contacte ca organe executoare ale releelor.

b) *Releele electromagnetice* (fig. 3.7) sînt organele executoare ale traductoarelor cu transformare intermediară cînd se folosește drept parametru interior o deplasare sau o forță mecanică. În proiectarea schemelor instalațiilor de automatizare trebuie să se determine:

— forța magnetomotoare utilă;
— forța magnetomotoare de acționare și de revenire;
— datele de bobinare a releelor electromagnetice.

Scanned with OKEN Scanner

Se dau prin temă numărul şi felul contactelor releului, precum şi valoarea tensiunii şi valoarea curentului de alimentare.

Releele electromagnetice sînt standardizate în ceea ce priveşte cursa armăturii, intervalul între contacte şi apăsările pe contact.

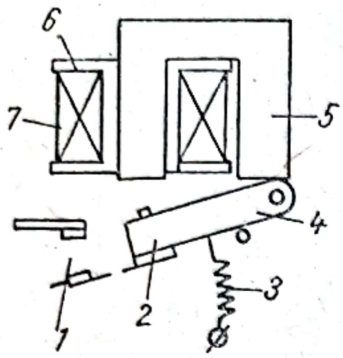


Fig. 3.7. Relee electromagnetice:
1 — contacte; *2* — partea de legătură; *3* — arc de rapel; *4* — armătură; *5* — miez; *6* — carcasa bobinei; *7* — bobină.

Forţa magnetomotoare de acţionare şi revenire se calculează după două procedee:

1. Procedeul punctelor critice;
2. Procedeul forţelor reduse.

1. Procedeul punctelor critice constă în construirea caracteristicii mecanice a contactului ales la valoarea întrefierului rezidual şi a cursei armăturii, găsind apoi caracteristica de forţă care trece prin punctul critic, pentru care raportul P_e/P_m are valoarea minimă la acţionarea releului. Forţa magnetomotoare de acţionare se ia corespunzător caracteristicii de forţă, iar forţele magnetomotoare de revenire şi de sarcini se deduc din forţa de acţionare prin înmulţire cu coeficientul de revenire sau coeficientul de siguranţă (1,5—4). În calcul se ţine cont de variaţia forţei magnetomotoare datorită modificării apăsării pe contact faţă de valoarea normală.

2. Procedeul forţelor reduse se bazează pe caracteristicile mecanice şi de forţă ale punctului critic. Se determină experimental relaţia dintre forţa de atracţie în întrefier şi forţa magnetomotoare. Forţele de atracţie sînt funcţii de patratul forţelor magnetomotoare. În mod similar se calculează forţa magnetomotoare de serviciu pentru care se calculează diametrul interior, diametrul exterior şi lungimea bobinei.

Apăsările reduse se dau sub formă de tabele care indică direct forţele magnetomotoare de acţionare şi revenire pentru diferite combinaţii ale contactelor (închidere, deschidere, comutare cu deschidere pînă la închidere şi comutare cu închidere pînă la deschidere).

Tot experimental se determină caracteristica de timp la acţionarea releului cînd este conectat direct la o sursă de energie cu tensiune constantă.

Forţa magnetomotoare de acţionare şi revenire variază în funcţie de frecvenţa de vibraţie a releului şi de sensul de acţionare a forţelor de vibraţie. Schema de conectare poate să se bazeze pe scurtcircuitarea înfăşurării sau pe întreruperea circuitului releului. Durata de revenire a releului cu spire scurtcircuitate este mai mare decît durata de revenire a aceluiaşi releu, însă fără spire în scurtcircuit. Această proprietate se foloseşte la obţinerea releelor cu temporizare la acţionare sau revenire.

Metoda de alegere a parametrilor de timp a mecanismelor electromagnetice se numeşte *metoda ţintelor* şi se bazează pe diagrama duratelor de revenire în funcţie de duratele de acţionare. Generatorul de impulsuri

Scanned with OKEN Scanner

este caracterizat prin frecvența impulsurilor și coeficientul de impuls și pe același grafic se trasează curbele de egală frecvență și coeficient de impuls egal. Mai practică este folosirea coordonatelor logaritmice. Din poziția țintei generatorului de impuls și poziția țintei releului se determină gradul siguranței de funcționare a schemei la regim de impulsuri, mai ales dacă s-au conectat în carcasă. Normal, frecvența generatorului este constantă și se poate acționa numai asupra coeficientului de impuls $k=t_2/t_1$, care se alege astfel ca valoarea lui să treacă grafic prin originea țintei releului. Pentru a ține cont de oscilațiile tensiunii se ia în considerare deplasarea originii țintei pentru diferite valori ale coeficientului de siguranță pentru curent.

Variația duratelor de acționare și de revenire a releelor electromagnetice se obține:

— prin *metode mecanice* care se bazează pe modificarea duratei de deplasare, modificînd masa armăturii sau coeficientul de amortizare;

— prin *metode electrice* care se bazează pe încetinirea creșterii curentului sau a fluxului magnetic prin conectarea releului într-o schemă cu rezistențe adiționale, inductanțe sau capacități. Se mai folosesc și circuite în scurtcircuit. Sistemele electromagnetice polarizate au un flux de lucru produs de înfășurările prin care trece curentul și un flux de polarizare produs de magneți permanenți. Aceste sisteme se leagă diferențial sau în punte. Se construiesc relee polarizate cu două poziții și relee polarizate unilaterale. Mai rar se folosesc releele cu trei poziții,

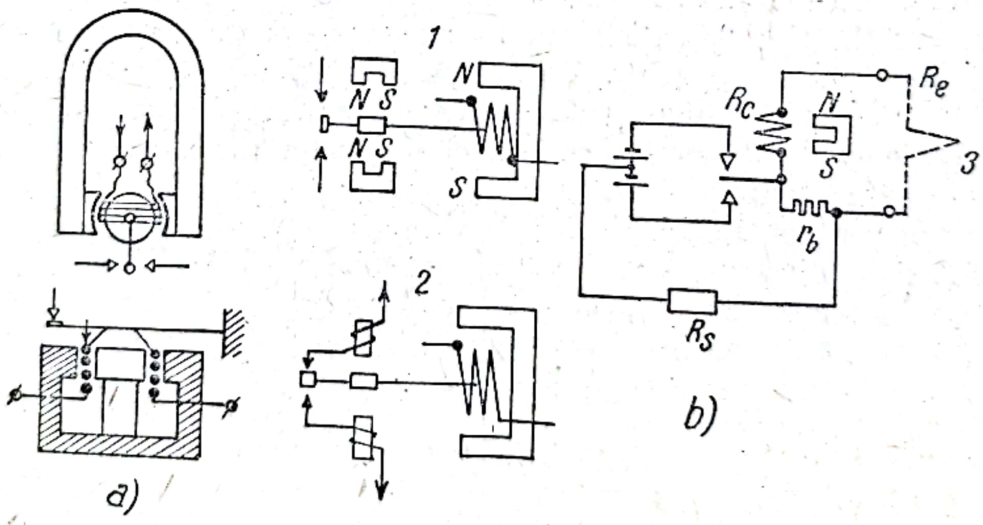


Fig. 3.8. Releu magnetoelectric:
a — pentru curent continuu; *b* — pentru curent alternativ; *1* — blocare cu magneți permanenți; *2* — blocare prin electromagneți; *3* — blocare prin rezistența r_b.

la care există și o poziție neutră în care prin înfășurările releului nu trece curentul. Releul standardizat are frecvența maximă de conectare de 200 1/s, forța electromotoare de acționare de 1,5—5 A · sp, distanța între contacte și armături 0,05—0,1 mm, forța de contact cînd nu există curent

1—6 g pentru contacte de argint, tensiunea 24 V, intensitatea 0,2 A, puterea admisibilă în înfăşurarea releului 1 W.

Traductoarele electromagnetice au organ receptor electromagnetic şi organ executor sub formă de coloană de cărbune, care este apăsată de forţa unui arc. Sub acţiunea forţei de atracţie se micşorează forţa de compresiune a coloanei şi, dacă caracteristicile mecanice şi de forţă sînt puse în concordanţă, se obţine un traductor cu transformări intermediare.

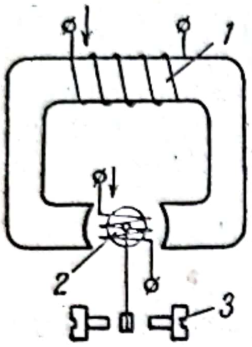


Fig. 3.9. Releu electrodinamic:
1 — înfăşurare fixă; *2* — înfăşurare mobilă; *3* — contacte.

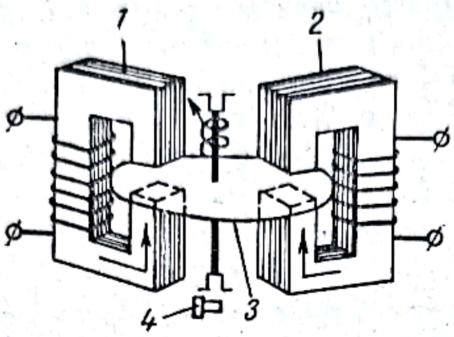


Fig. 3.10. Releu de inducţie cu disc:
1 — sistem magnetic primar; *2* — sistem magnetic secundar; *3* — disc de inducţie; *4* — contacte.

c) *Releele magnetoelectrice, electrodinamice şi de inducţie,* sînt arătate schematic în fig. 3.8, 3.9 şi 3.10.

Releele magnetoelectrice se bazează pe utilizarea forţelor de interacţiune care apar între fluxul magnetic şi curentul care trece printr-un conductor situat în cîmpul magnetic. În înfăşurarea releului se poate aplica o forţă electromotoare constantă sau sinusoidală de joasă frecvenţă. Avînd apăsări de contact mici, contactele se fac din platină şi tensiunea maximă va fi 12 V la 0,05 A. Forţa de contact se poate mări cu dispozitive speciale de blocare formate de magneţi permanenţi mici aşezaţi în apropierea fiecăruia dintre contactele fixe. Contactul mobil are o armătură mică specială de oţel care atrasă de magnetul permanent creează forţa de apăsare suplimentară pe contact. Se poate folosi şi dispozitivul de blocare cu electromagnet a cărui înfăşurare se conectează la circuitul contactului respectiv. Blocarea se poate obţine şi prin montarea unei rezistenţe mici care derivează curentul de blocare şi produce cuplu suplimentar.

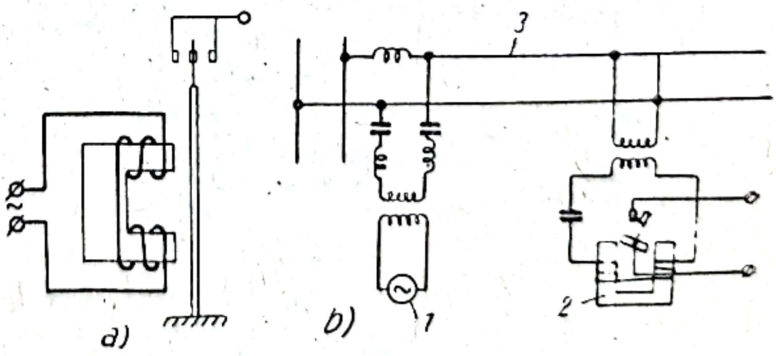


Fig. 3.11. Relee de rezonanţă:
a — releu cu lamă de oţel flexibilă; *b* — releu de rezonanţă electrică; *1* — generator de curent alternativ; *2* — releu de rezonanţă electrodinamic; *3* — linie de comunicaţie.

Releele magnetoelectrice tipizate au putere de acţionare de ordinul 10^{-10}—10^{-11} W la curentul de $0{,}5$—$1{,}0 \cdot 10^{-6}$, A, putere comandată de ordinul 0,1—1,0 W în timpul de acţionare de 0,1—2s.

Scanned with OKEN Scanner

Releele electrodinamice se bazează pe o înfăşurare mobilă parcursă de curent şi care este situată în cîmpul unei alte înfăşurări de curent.

Puterea de comandă este de 25—50 W, iar puterea de acţiune este de 1 W.

Releele de inducţie se bazează pe interacţiunea fluxului mag-

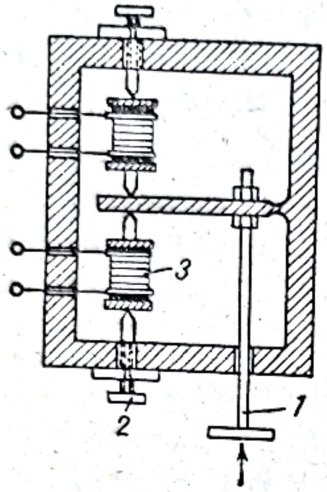


Fig. 3.12. Releu cu magnetostricţiune:
1 — bară de impuls; *2* — şurub de reglare; *3* — bobină cu miez din metal feromagnetic.

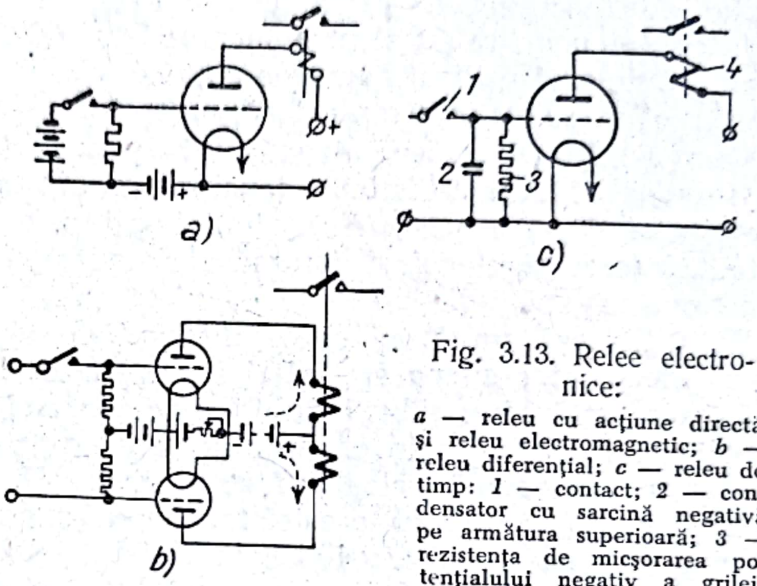


Fig. 3.13. Relee electronice:
a — releu cu acţiune directă şi releu electromagnetic; *b* — releu diferenţial; *c* — releu de timp: *1* — contact; *2* — condensator cu sarcină negativă pe armătura superioară; *3* — rezistenţa de micşorarea potenţialului negativ a grilei; *4* — releu electromagnetic.

netic variabil şi a curentului indus într-o spiră în scurtcircuit de un alt flux magnetic variabil. Elementul mobil poate fi o spiră în scurtcircuit, un disc sau un cilindru. Funcţiunile releelor de inducţie sînt următoarele: de frecvenţă, de curent, de tensiune sau de putere.

d) *Releele de rezonanţă, cu magnetostricţiune şi electrostatice* sînt arătate schematic în fig. 3.11 şi 3.12.

Releele de rezonanţă se bazează pe fenomenul rezonanţei, între cîmpul magnetic sau electric, variabil cu frecvenţa, şi pe un sistem oscilant mecanic cu frecvenţă proprie a oscilaţiilor (rezonanţa electromagnetică) sau pe fenomenul rezonanţei curenţilor sau tensiunilor (rezonanţă electrică).

Releele cu rezonanţă electromagnetică lucrează cu curent alternativ pentru a produce un flux magnetic variabil sub influenţa căruia lamela este atrasă.

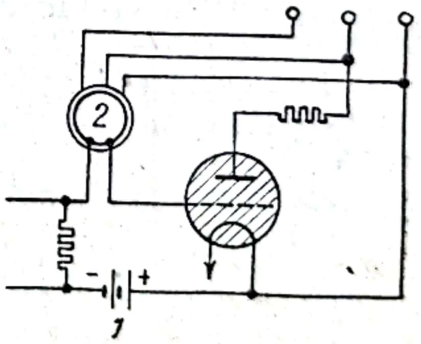


Fig. 3.14. Comanda tiratronului prin variaţia tensiunii continue a grilei:
1 — baterie de negativare; *2* — regulator de fază.

Magnetul permanent măreşte forţa efectivă şi dă o frecvenţă a oscilaţiilor egală cu frecvenţa curentului de alimentare.

Releele cu rezonanţă electrică au un circuit electric oscilant în care este conectat un releu electromagnetic sau electrodinamic.

Releele cu magnetostricţiune se bazează pe modificarea dimensiunilor liniare a metalelor feromagnetice cînd sînt situate într-un cîmp magnetic.

Releele electrostatice se folosesc numai în instalaţiile de înaltă tensiune pentru a se obţine forţe de atracţie suficient de mari.

e) *Releele electronice şi ionice* sînt arătate schematic în fig. 3.13 şi 3.14.

Traductorul electronic se bazează pe dependenţa continuă a curentului anodic de tensiune de grilă la tubul electronic. Tubul electronic se poate cupla cu un releu electromagnetic sau un releu electric în circuitul anodic. Cele mai utilizate scheme sînt acelea cu reacţie pozitivă astfel că constituie un releu electronic fără contacte.

Pentru calculul înfăşurării releului se stabilesc caracteristicile anodice ale tubului şi caracteristicile tensiune-curent ale înfăşurării care sînt tangente şi din ele rezultă rezistenţa optimă a înfăşurării şi deci parametrii ei (diametrul spirei şi numărul de spire), precum şi tensiunea grilei la acţionarea releului.

Se utilizează mult schemele diferenţiale si în punte care necesită tuburi electronice cu parametri şi caracteristici identice. În aceste cazuri se folosesc mai bine tuburi duble cu catod comun la care tensiunea de negativare se obţine prin căderea de tensiune pe o rezistenţă şuntată de o capacitate. Schemele releelor fără contact se bazează tot pe două tuburi electronice la care cînd creşte tensiunea anodică peste valoarea prescrisă, tensiunea aplicată grilei primului tub electronic creşte şi prin tub începe să treacă curent anodic care duce la creşterea tensiunii grilei celui de-al doilea tub electronic şi cu curentul său anodic.

Releele electronice de timp pot funcţiona la închiderea sau deschiderea contactului şi se bazează pe descărcarea unui condensator pe o rezistenţă, ceea ce duce la micşorarea potenţialului negativ al grilei şi la creşterea curentului anodic. Cînd curentul anodic atinge valoarea curentului de acţionare, reacţionează releul electromagnetic conectat în circuitul anodic.

Tiratroanele sînt tuburi bazate pe ionizarea gazului dintr-un balon de sticlă în care sînt trei electrozi (catod, anod şi grilă). Ele sînt folosite pe baza caracteristicii de aprindere, caracteristica tensiune-curent, caracteristica curenţilor de grilă şi caracteristica căderii de tensiune în tiratron.

Timpul de aprindere a tiratronului este de 10^{-6}—10^{-5} s, iar durata de stingere este de 10^{-5}—10^{-3} s. În schemele de automatizare se întîlnesc următoarele cazuri de funcţionare:

— la tensiune anodică continuă;
— la tensiune anodică alternativă.

În ultimul caz se pot aplica următoarele moduri de comandă:
— tensiune continuă, variabilă după voie în circuitul grilei;
— tensiune alternativă aplicată pe grilă;
— tensiune continuă şi alternativă aplicată pe grilă.

În acest mod se pot obţine diferite legi de variaţie a valorii medii a curentului anodic la variaţia tensiunii continue din circuitul grilei. Se poate obţine variaţia lină a curentului anodic şi prin folosirea variaţiei

Scanned with OKEN Scanner

fazei tensiunii aplicate înfășurării primare a transformatorului. Aceste metode se folosesc dacă în circuitul anodic a tiratronului există o sarcină ohmică. În cazul cînd sarcina este inductivă sau capacitivă se iau măsuri pentru a se reduce influența asupra impulsurilor curentului anodic. Cele mai uzitate scheme de element intermediar care folosesc tiratronul sînt releul fotoelectric și releul de nul sau de fază în diagonala punții.

Tiratronul cu catod rece are trei electrozi cu descărcare lentă între electrodul de comandă și catod. Se utilizează în funcție de caracteristica deplasării descărcării și caracteristica tensiune-curent ca releu în instalațiile de automatică, care trebuie să fie totdeauna pregătite pentru recepția acțiunilor externe.

Tuburile cu descărcare latentă se folosesc ca relee de tensiune, relee fotoelectrice sau relee de timp.

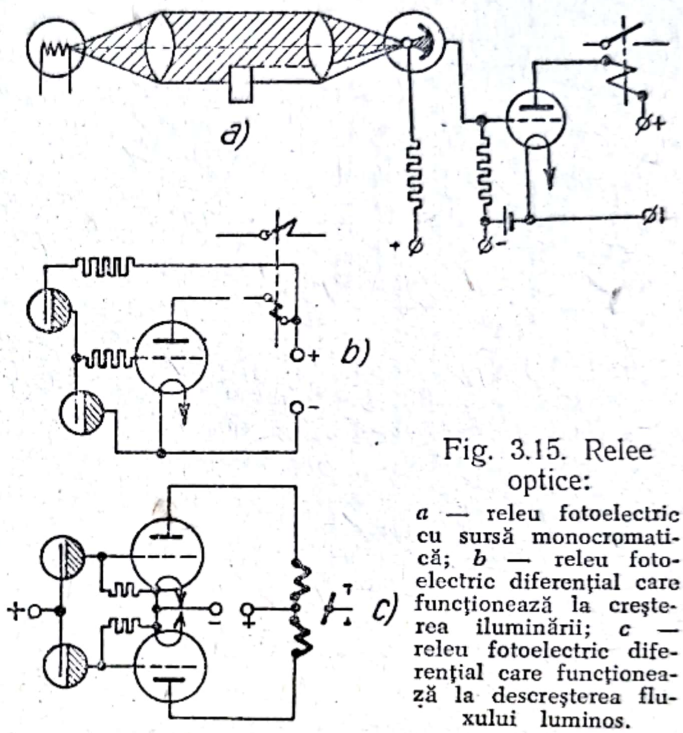


Fig. 3.15. Relee optice:
a — releu fotoelectric cu sursă monocromatică; *b* — releu fotoelectric diferențial care funcționează la creșterea iluminării; *c* — releu fotoelectric diferențial care funcționează la descreșterea fluxului luminos.

f) *Releele optice* (fig. 3.15) au organe de sezisare care sub influența fluxului luminos produc variația parametrilor electrici sau mecanici care se folosesc pentru transformările următoare.

Releele fotoelectrice sînt formate din celule fotoelectrice în circuitul cărora s-a montat un releu electronic sau magnetoelectric. Calculul acestor relee constă în calculul sistemului optic și calculul schemei electrice.

Calculul sistemului optic constă din calculul optico-geometric și calculul fotometric. Schemele de utilizare a celulelor fotoelectrice cu efect fotoelectric interior și exterior sînt identice, dar trebuie să se țină cont de parametrii electrici ai celulelor care influențează elementele schemei releului fotoelectric. Cele mai obișnuite scheme sînt cele diferențiale, cu două celule fotoelectrice sau cu o celulă fotoelectrică, iluminată pe rînd de la două surse de radiație sau două fluxuri obținute de la aceeași sursă pe căi cu rezistențe optice diferite. La ieșirea celulei fotoelectrice se obține o tensiune alternativă proporțională cu diferența între fluxurile care iluminează celula. Calculul schemei electrice se bazează pe caracteristica tensiune-curent a celulei fotoelectrice în cazul iluminării cu un anumit flux, din care se deduce caracteristica tensiune-curent pentru fluxul de acționare și fluxul de revenire. Cunoscînd limitele de variație a tensiunii aplicate grilei releului electronic, tensiunea bateriei anodice, limitele

Scanned with OKEN Scanner

variaţiei curentului şi rezistenţa sarcinii, se determină valoarea necesară tensiunii de grilă pentru fluxul de revenire.

Releele fotochimice (fig. 3.16) se bazează pe acţiunea fotochimică a razelor violete şi ultraviolete în reacţii reversibile şi univoce. Cele mai folosite relee sînt cele cu soluţie apoasă a acidului clorhidric la care prin electroliză la întuneric se formează clor şi hidrogen cu creşterea presiunii în balonaş. Acţionînd asupra unei membrane se deschide contactul care întrerupe electroliza şi se închide contactul de lucru; balonaşul cu clor şi hidrogen fiind iluminat suferă o reducere a presiunii prin recombinarea elementelor şi acest fapt duce la deschiderea contactului de lucru şi închiderea contactului de electroliză.

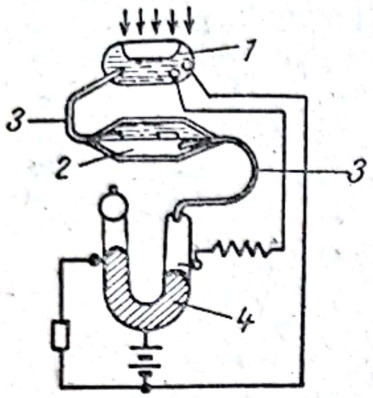


Fig. 3.16. Releu fotochimic cu soluţie de acid clorhidric în apă:

1 — balonaş cu soluţie; *2* — capsulă cu diafragmă; *3* — tub capilar; *4* — tub umplut cu mercur, cu trei contacte (comun, auxiliar şi de lucru).

Fotoreleul cu radiaţie totală se bazează pe creşterea temperaturii receptorului, care este un corp aproape negru, cu ajutorul unei termocoloane din termocupluri, cupru-constantan. Au inerţie termică mare cuprinsă între 20 s şi 5 min.

Radiometrul este un fotoreleu bazat pe presiunea luminii asupra unor feţe înnegrite şi lustruite pentru a produce un cuplu activ.

g) *Releele acustice* se folosesc pentru traducerea acţiunilor electrice în variaţii ale unor parametri electrici sau în deplasări mecanice.

Microfoanele traduc variaţiile presiunii oscilaţiilor acustice în variaţii ale rezistenţei, inductanţei, capacităţii sau forţei electromotoare.

La microfoanele utilizate ca traductor trebuie să se cunoască caracteristicile acustice, de amplitudine, de frecvenţă, caracteristica direcţională, caracteristicile electrice, caracteristica tensiune-curent, caracteristicile curenţilor nominal şi maxim. Caracteristica de amplitudine dă relaţia între intensitatea presiunii, în bari, şi valoarea tensiunii. Caracteristica de frecvenţă dă variaţia sensibilităţii (mV/bar) în funcţie de frecvenţa oscilaţiilor acustice care acţionează. Caracteristica direcţională arată relaţia dintre sensibilitate şi direcţia oscilaţiilor acustice recepţionate.

Se utilizează microfoane cu cărbune, cu condensator, cu magnetostricţiune, electromagnetice, electrodinamice şi piezoelectrice, avînd sensibilităţi cuprinse între 0,1 şi 125 mV/bar, limitele frecvenţelor 5—100 000 şi pragul de sensibilitate 0,01.

Releele acustice se bazează pe cuplarea microfonului cu releu magnetoelectric sau electronic. Între microfon şi releu se montează filtrul electric care limitează domeniul frecvenţelor la care reacţionează releul.

h) *Releele termice* (fig. 3.17) se bazează pe transformarea acţiunii termice în deplasări mecanice.

Releele termice bazate pe dilatarea liniară a corpurilor sînt de două tipuri:

— acţiunea căldurii se transmite la sistemul de recepţie a releului;

— acţiunea căldurii este produsă de curentul care trece prin sistemul de recepţie a releului.

Termoreleele electrice se utilizează ca relee de protecţie a instalaţiilor sau ca relee de timp. Termoreleele formate din două metale, cu coeficienţi de dilataţie diferiţi, reacţionează la variaţiile temperaturii mediului înconjurător cu o precizie de 0,5—0,8°C.

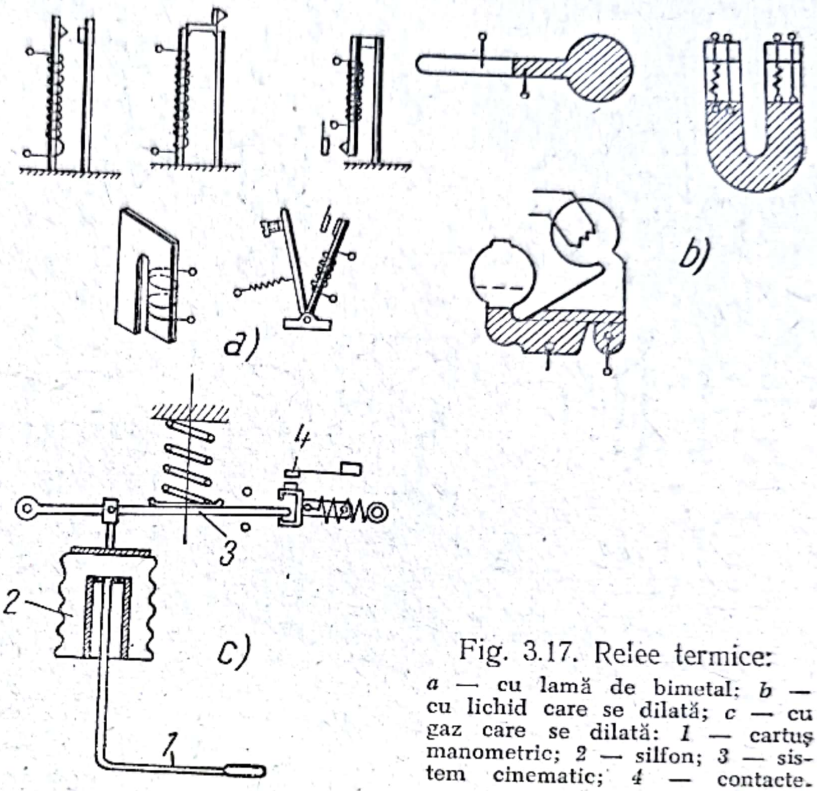


Fig. 3.17. Relee termice:
a — cu lamă de bimetal; *b* — cu lichid care se dilată; *c* — cu gaz care se dilată: *1* — cartuş manometric; *2* — silfon; *3* — sistem cinematic; *4* — contacte.

Termoreleele cu filament se fac din platină-iridiu, platină-argint, platină pură, manganin, crom-nichel etc. şi se încălzesc prin efectul Joule—Lenz pînă la temperatura de 300°C.

Pentru a se asigura o protecţie termică sigură este nevoie să coincidă caracteristica de timp a releului electrotermic şi caracteristica timpului admisibil de încălzire a instalaţiei protejate.

Releele termice cu lichide sau gaze care se dilată se folosesc cu contacte în vid sau pentru a da semnale pulsatorii în schemele de semnalizare.

Releele termice cu substanţe solide fuzibile se utilizează ca relee de protecţie fără revenire automată în poziţia de zero.

Releele termice cu lichide volatile se bazează pe dilatarea vaporilor unui lichid uşor volatil (clorură de etil sau clorură de metil) turnate pe suprafaţa mercurului. Impulsul de presiune se transmite cu un lichid de transmisie (glicerină, alcool etilic şi apă).

i) *Releele şi traductoarele mecanice* reacţionează la densitatea, presiunea, cantitatea şi viteza de curgere a lichidului sau gazului.

Releele bazate pe principiul lui Pascal se bazează pe sistemele manometrice, arătate schematic în fig. 3.18, de măsurarea presiunii în lichide şi gaze şi care se clasifică astfel:

— sisteme manometrice cu lichid (mercur, apă, ulei);

— sisteme manometrice cu tub elastic;

— sisteme manometrice cu mebrană (plană, gofrată sau ondulată).

Cel mai folosit este sistemul manometric cu mercur care închide un contact aşezat la înălţimea presiunii de lucru, sau două contacte dacă se doreşte un sistem manometric diferenţial. Se pot obţine uşor traductoare

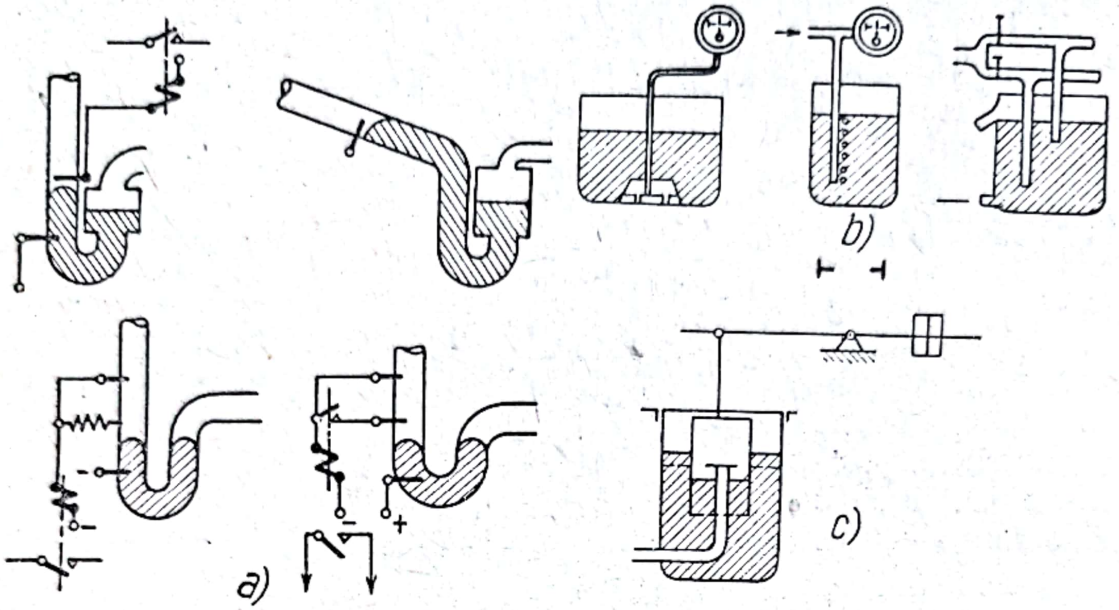


Fig. 3.18. Relee manometrice:
a — cu mercur diferenţial; *b* — cu aer comprimat bazat pe presiunea piezometrică; *c* — cu clopot şi balanţă hidrostatică.

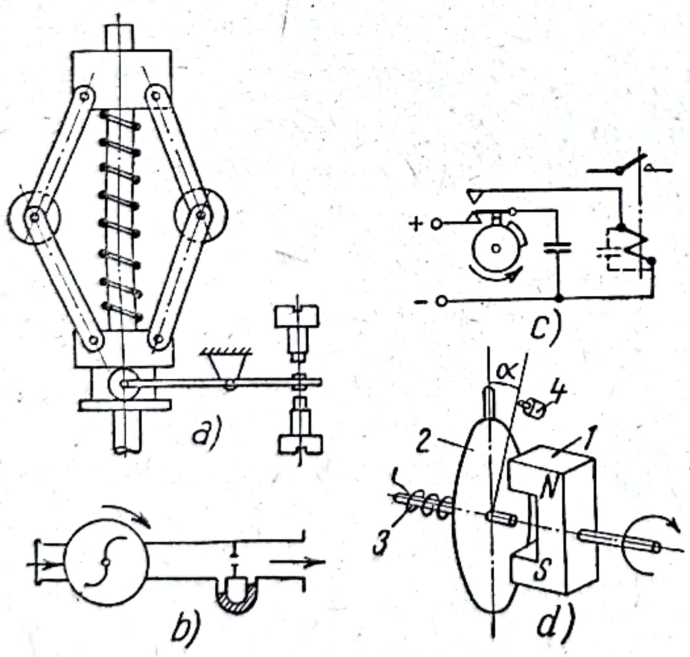


Fig. 3.19. Releu de viteză unghiulară de rotaţie a corpurilor solide:
a — bazat pe forţa centrifugă; *b* — bazat pe turbopompă şi diafragmă de strangulare; *c* — cu variaţia rezistenţei circuitului auxiliar prin ruptor rotativ de curent; *d* — bazat pe curenţi turbionari induşi de un magnet permanent care se roteşte: *1* — magnet rotativ; *2* — disc de aluminiu; *3* — arc spiral de echilibrare; *4* — contact pentru acţionarea releului.

cu inductanţă, rezistenţă, sau capacitate variabilă în limitele presiunii de 3 at.

Sistemele manometrice se utilizează pentru măsurarea presiunii, nivelului şi densităţii lichidului şi gazelor.

Releele bazate pe legea lui Arhimede folosesc plutitor la nivel sau înecat şi balanţe hidrostatice.

Releele bazate pe legea lui Bernoulli folosesc diafragme, duze şi ajutaje care variind secţiunea vanei de fluid produc o cădere de presiune care se măsoară cu sisteme manometrice diferenţiale.

j) *Traductoarele deplasărilor mecanice* transformă

acţiunile mecanice exterioare în variaţiile unor mărimi sau deplasarea mecanică a unor piese mobile.

Traductoarele de viteză măsoară viteza liniară de mişcare a unui corp solid în raport cu un alt corp solid sau viteza unghiulară de rotaţie.

Releele de viteză unghiulară, arătate schematic în fig. 3.19, folosesc forţele centrifuge a două greutăţi sau o pompă centrifugă montată pe ax şi la care se determină presiunea în conductă.

Sistemele electrice ale traductoarelor de viteză se bazează pe variaţia rezistenţei, curenţi turbionari, generator de curent continuu sau generator de curent alternativ. Tehnica modernă utilizează organe de recepţie fotoelectrice şi frecvenţmetru electronic.

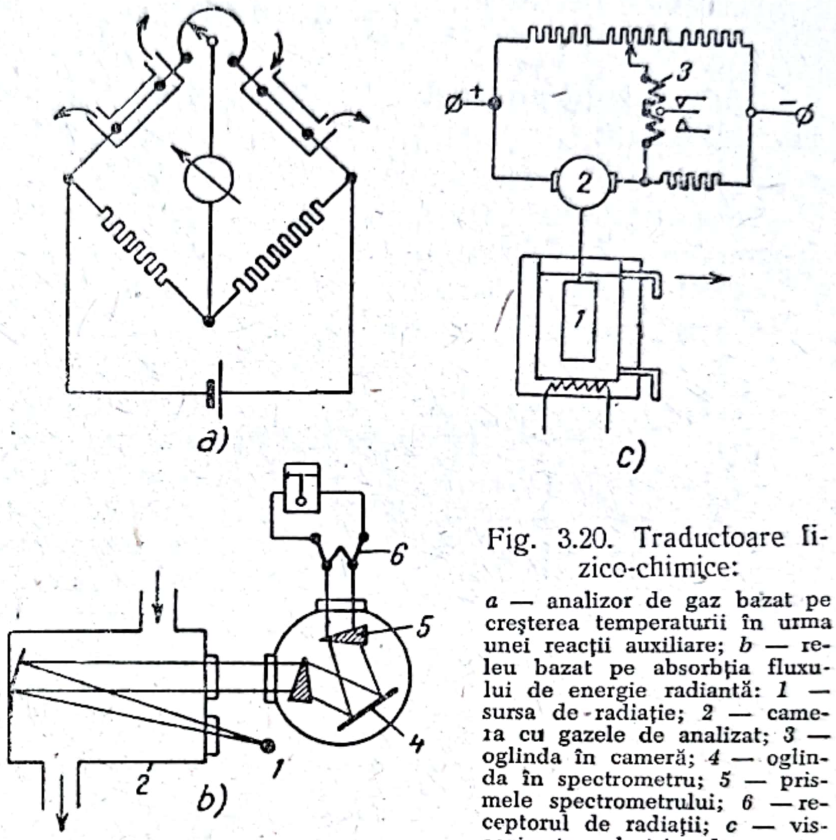


Fig. 3.20. Traductoare fizico-chimice:

a — analizor de gaz bazat pe creşterea temperaturii în urma unei reacţii auxiliare; *b* — releu bazat pe absorbţia fluxului de energie radiantă: *1* — sursa de radiaţie; *2* — camera cu gazele de analizat; *3* — oglinda în cameră; *4* — oglinda în spectrometru; *5* — prismele spectrometrului; *6* — receptorul de radiaţii; *c* — viscozimetru electric: *1* — rotor cilindric; *2* — motor de acţionare; *3* — puncte de măsurarea rezistenţei indusului.

Traductoarele de acceleraţie reacţionează la acceleraţiile liniare sau la acceleraţiile unghiulare.

k) *Traductoarele fizico-chimice* (fig. 3.20) sînt cu transformare directă şi cu transformare intermediară, care se clasifică astfel:

— traductoare cu procese auxiliare termice;
— traductoare cu procese auxiliare optice;
— traductoare cu procese auxiliare mecanice.

Traductoarele cu procese auxiliare termice servesc la analiza gazelor şi se bazează pe creşterea temperaturii în urma unei reacţii auxiliare.

Traductoarele cu procese auxiliare optice se bazează pe absorbţia fluxului de energie radiantă în domeniul razelor infraroşii ale spectrului şi analiza nu depinde de temperatura şi natura componenţelor amestecului gazos.

Ca receptor se folosesc termocuplele, bolometrele şi celulele fotoelectrice cu strat de blocare. Se aplică metoda diferenţială de conectare a receptorului cu sursa de lumină şi filtre comune.

Scanned with OKEN Scanner

Traductoarele cu procese auxiliare mecanice se bazează pe coeficientul de viscozitate și se măsoară cuplul rezistent opus unui rotor cilindric de un motor electric.

3.2. ELEMENTELE INTERMEDIARE ALE DISPOZITIVELOR DE AUTOMATICĂ

3.2.1. **Amplificatoarele** (fig. 3.21). Amplificatoarele sînt elemente care amplifică acțiunea pînă la valoarea care este suficientă pentru a pune în acțiune părțile executoare ale dispozitivului.

Caracteristicile amplificatorului sînt caracteristicile amplitudine-frecvență și fază-frecvență ale factorului de amplificare, care uneori se reunesc într-o singură caracteristică amplitudine-fază.

Amplificatoarele magnetice sînt traductoare a căror permeabilitate magnetică pentru fluxul magnetic alternativ variază sub influența fluxului magnetic continuu de magnetizare suplimentară. Parametrul principal al amplificatorului magnetic este *factorul de amplificare* (pentru curent sau pentru putere). Factorul de amplificare se poate mări folosind materiale magnetice speciale sau alimentînd circuitul sarcinii cu curent de frecvență mărită.

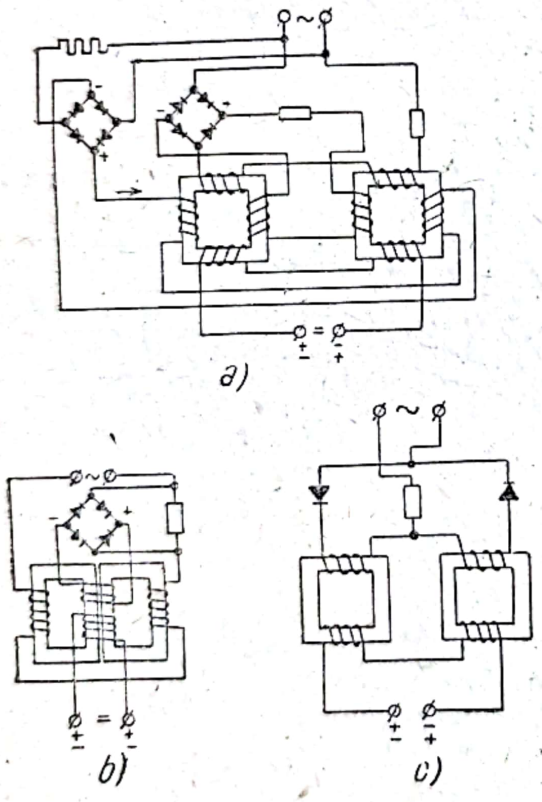


Fig. 3.21. Amplificatoare magnetice:
a — montaj cu reacție exterioară pentru curent; *b* — montaj pentru reacție exterioară pentru tensiune; *c* — montaj pentru reacție internă și redresarea unei singure semiperioade.

Reacția pozitivă este de asemenea o metodă de mărire a factorului de amplificare și ea poate să fie reacție pentru curent, reacție pentru tensiune și reacție interioară cu redresarea unei singure semiperioade, direct în cele două jumătăți ale înfășurării de curent alternativ. Reacția pozitivă se bazează pe fluxul magnetic suplimentar produs de curentul redresat în înfășurarea de reacție și care are același sens cu fluxul datorit curentului din înfășurarea de comandă.

La puteri mici se folosește un amplificator magnetic cu transformator, la care o rezistență de balast menține constantă amplitudinea curentului în circuitul primar.

Cînd se cere modificarea fazei curentului de sarcină se utilizează scheme reversibile sau în doi timpi cu amplificatoare de putere.

Scanned with OKEN Scanner

Amplificatoarele de putere au scheme diferenţiale sau în punte şi nu au transformator în circuitul de alimentare. Amplificatoarele în doi timpi se folosesc cînd se cere o mare sensibilitate (10^{-8} W).

Cînd se lucrează în circuite cu rezistenţe exterioare mari, amplificatoarele se numesc amplificatoare de tensiune şi care au schema în punte cu transformatoare de ieşire.

Mult folosite sînt însă şi schemele care folosesc amplificatoarele magnetice pentru dublarea frecvenţei şi cu faza care depinde de polaritatea semnalului de comandă. Amplificatoarele magnetice sînt caracterizate în schemele de automatizare prin caracteristica de comandă, factorii de amplificare, curentul de mers în gol, curentul limită, puterea comandată limită, constanta de timp şi caracteristica de frecvenţă.

Amplificatoarele magnetice de reacţie (cuplaj cu bobină) mai mare ca unitatea acţionează ca releu, analog releelor electromagnetice polarizate. Aceste relee, fără de contacte, se construiesc pentru puteri de 10^{-15}—10^{-12} W.

Amplificatoarele electromecanice sînt de tipul cu reostat, cu cărbune, bolometrice, cu inducţie sau optice şi au schemele de conectare simple sau cu compensare pentru curent sau tensiune.

Maşinile electrice amplificatoare au excitatoare cu trei înfăşurări: înfăşurarea de premagnetizare, înfăşurarea de comandă şi înfăşurarea reacţiei pozitive de curent. Zona de comandă a curentului se limitează cu şuntul magnetic. Amplidinele se construiesc pentru puteri de 0,2—25 kW şi au un motor de curent continuu sau alternativ care roteşte indusul maşinii amplificatoare.

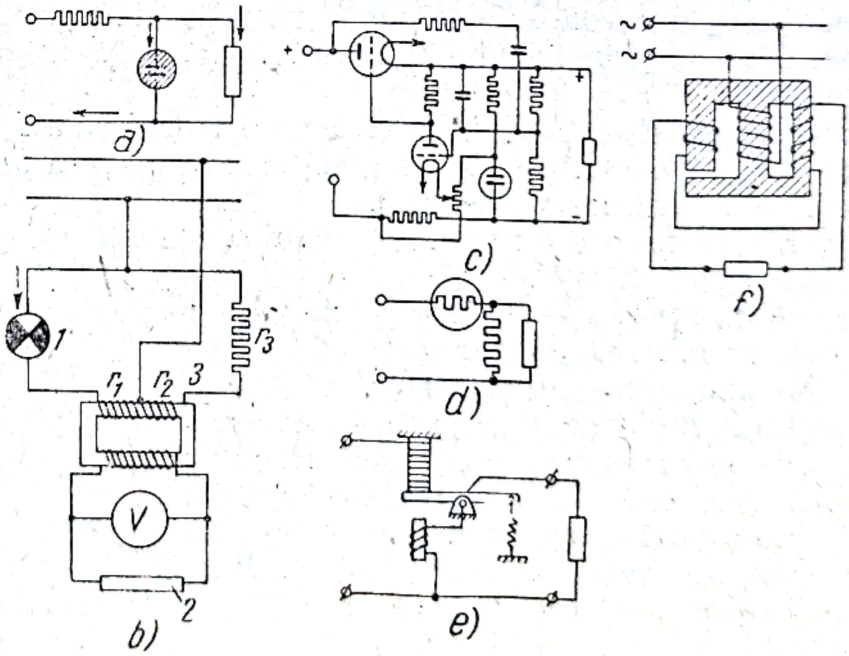


Fig. 3.22. Stabilizatoare:
a — stabilizator cu rezistenţă neliniară o lampă cu descărcare lentă; *b* — stabilizator de tensiune cu lampă de incandescenţă şi schemă diferenţială: *1* — lampă incandescentă; *2* — sarcină; *3* — braţele punţii; *c* — stabilizator cu tuburi electronice; *d* — rezistenţa de fier în hidrogen; *e* — stabilizator de tensiune cu coloană de cărbune; *f* — stabilizator de curent cu circuitul magnetic saturat.

3.2.2. **Stabilizatoarele** (fig. 3.22). Stabilizatoarele menţin invariabili diferiţii parametri ai circuitelor executoare sau intermediare pentru a asigura legea de comandă sau a elimina erorile datorite oscilaţiilor parametrilor.

Stabilizatoarele cu rezistenţe neliniare constau din lămpi cu descărcare latentă legate în paralel cu sarcina şi servesc adeseori şi drept divizoare de tensiune. Stabilivolţii standardizaţi au tensiunea de lucru de 75 sau 150 V, curentul de lucru maximum 30 mA şi minimum 5 mA. Se mai folosesc drept rezistenţe neliniare termistoare, lămpi incandescente cu filament metalic sau de cărbune, care lucrează în curent continuu sau alternativ datorită inerţiei termice mari a filamentului.

Stabilizatoarele cu tuburi electronice folosesc, de obicei, triode şi căderea de tensiune în circuitul anodic a acestui tub drept tensiune de grilă a tubului de bază. Factorul de stabilizare este de 1/30—1/40 cînd tensiunea variază cu $\pm 20\%$ şi curenţii maximi sînt sub 400 mA.

Baretoarele sînt stabilizatoare de curent şi se bazează pe rezistenţa de fier în hidrogen. Se pot folosi şi ca stabilizatoare de tensiune dacă rezistenţa sarcinii este constantă. Se folosesc în circuit de curent continuu sau alternativ la tensiunile finale de baretare de 9, 12, 17, 35 şi 135 V şi curent de baretare de 0,3, 0,425, 0,85 sau 1 A. Timpul maxim de stabilizare a curentului normal este 5 min.

Stabilizatoarele cu circuit magnetic saturat se folosesc ca stabilizatoare de curent sau de tensiune în care caz se bazează pe caracterul neliniar al caracteristicii tensiune-curent a circuitului cu rezonanţa de curent a cărui element inductiv are miezul saturat.

3.2.3. **Elemente pentru transformarea valorilor acţiunilor.** În automatică este nevoie să se transforme acţiunile transmise de unele elemente către altele prin însumare, multiplicare, diferenţiere şi integrarea acţiunilor.

Elementele folosite pentru aceste transformări cantitative se bazează pe transformarea prealabilă a acţiunii în mărimi proporţionale cu ea (mărimi electrice, mecanice etc.).

Elementele de însumare a acţiunilor se bazează pe următoarele scheme electrice:

— însumarea curenţilor şi forţelor magnetomotoare;
— însumarea tensiunilor;
— însumarea rezistenţelor.

Elementele pentru multiplicarea şi demultiplicarea acţiunilor se bazează pe schema în punte sau pe produsul cuplurilor şi a curenţilor în aparate electrodinamice sau de inducţie.

Elementele pentru derivarea şi integrarea acţiunilor se bazează pe transformatoare şi circuite *RC* şi *RL*. O mare influenţă asupra preciziei procesului de derivare şi integrare îl are constanta de timp a circuitelor.

Tahogeneratoarele sînt generatoare de curent continuu care servesc ca elemente electromecanice de derivare şi integrare deoarece viteza de rotaţie depinde liniar de tenisunea aplicată.

Contoarele de energie se pot folosi ca elemente de integrare.

Alegerea elementului de integrare electric sau electromecanic este determinată de natura fizică a mărimilor de intrare şi ieşire, care pot fi mecanice sau electrice, iar variantele se discută din punctul de vedere al preciziei, duratei de serviciu şi a costului.

Scanned with OKEN Scanner

3.2.4. Distribuitoare. Elementele de automatizare care distribuie acţiunile de la relee şi traductoare la elementele de execuţie se numesc distribuitoare. Acestea sînt formate dintr-o sumă de relee şi traductoare conectate după o schemă care le permite să acţioneze în serie la primirea acţiunilor şi să lege pe rînd circuitele de ieşire cu un circuit de intrare. Distribuitoarele cu relee se comandă printr-o serie de impulsuri. Se utilizează distribuitoare pas cu pas, cu deplasare operaţională a periilor şi cu fascicul electronic dirijat.

Distribuitoarele pas cu pas au perii sau came şi sînt acţionate de electromagneţi sau motoare electromagnetice pas cu pas. Se întrebuinţează distribuitoare electromagnetice pas cu pas cu cursă directă sau cursă inversă.

Caracteristicile de lucru ale distribuitoarelor electromagnetice pas cu pas şi alegerea corectă a duratei impulsurilor şi a pauzei se face cu ajutorul ţintelor releelor. Trebuie să se cunoască tensiunea de lucru, coeficienţii de siguranţă limită, ţinta releelor, întrefierul între miez şi armătură (iniţial, în momentul deschiderii contactului de autoîntrerupere, final cu armătura atrasă în momentul angrenării dintelui următor al roţii cu clichet, corespunzător rotirii roţii cu clichet cu un singur dinte). Pentru perii trebuie să se cunoască forţa de apăsare pe contact şi rezistenţa contactului.

Distribuitoarele pas cu pas sînt cu perii şi contacte fixe sau cu came şi contacte fixate pe arcuri.

Distribuitoarele cu mişcare continuă sînt cu came şi acţionate electric.

Distribuitoarele cu fascicul electronic dirijat au inerţie mică, lipsa părţilor mecanice în rotaţie şi posibilitatea suprapunerii funcţiunii de distribuire şi de modulaţie.

Într-un balon de sticlă se găseşte proiectorul electronic, plăcile de deviaţie şi cîmpul de contacte. Proiectorul electronic se compune dintr-un catod, un cilindru director şi unul sau mai mulţi anozi. Pe catod se realizează o densitate a curentului de emisie de 100 A/cm^2. Cilindrul director are un potenţial mai negativ decît catodul pentru a putea modifica suprafaţa de emisie a catodului. Cilindrul şi primul anod produc o repartizare a suprafeţelor echipotenţiale care obligă traiectoriile electronilor să se strîngă într-un fascicul îngust. Restul anozilor creează sistemul de suprafeţe echipotenţiale care asigură un diametru al fasciculului în cîmpul contactelor de 0,5—2,0 mm. Fasciculul electronic trece între plăcile de deviaţie aşezate în plane reciproce paralele şi ajunge la contactele deschise sau ecranate.

Se utilizează mult distribuitorul radial, care foloseşte cîmpul magnetic învîrtitor creat de un sistem magnetic alimentat în curent bi sau trifazat. Se obţine un fascicul plan dublu care parcurge de două ori într-o perioadă toate sistemele de electrozi contacte.

Scanned with OKEN Scanner

4. TELEMĂSURAREA ŞI TELECOMANDA

4.1. SISTEME DE TRANSMITERE LA DISTANŢĂ A UNGHIURILOR

Sistemele de transmitere la distanţă a unghiurilor de rotire folosite în dispozitivele electromecanice automate sînt cu unghi de rotire limitat sau nelimitat. Ele se clasifică din punctul de vedere al energiei de alimentare în sisteme de curent alternativ şi sisteme de curent continuu, iar din punctul de vedere al caracterului mişcării în sisteme cu acţiune pas cu pas şi sisteme cu acţiune lină.

4.1.1. **Sistemele de transmitere la distanţă a unghiurilor cu acţiune pas cu pas** (fig. 4.1.) se compun dintr-un traductor sub formă de comutator cu şase poziţii şi un receptor sub formă de stator cu şase poli a căror înfăşurare este legată între secţii. Între traductor şi receptor există o linie de comunicaţie cu trei conductori, iar în interiorul statorului se introduce un rotor cu poli aparenţi. În funcţie de poziţia comutatorului se excită înfăşurările unuia din poli şi rotorul se aşază în direcţia fluxului, adică

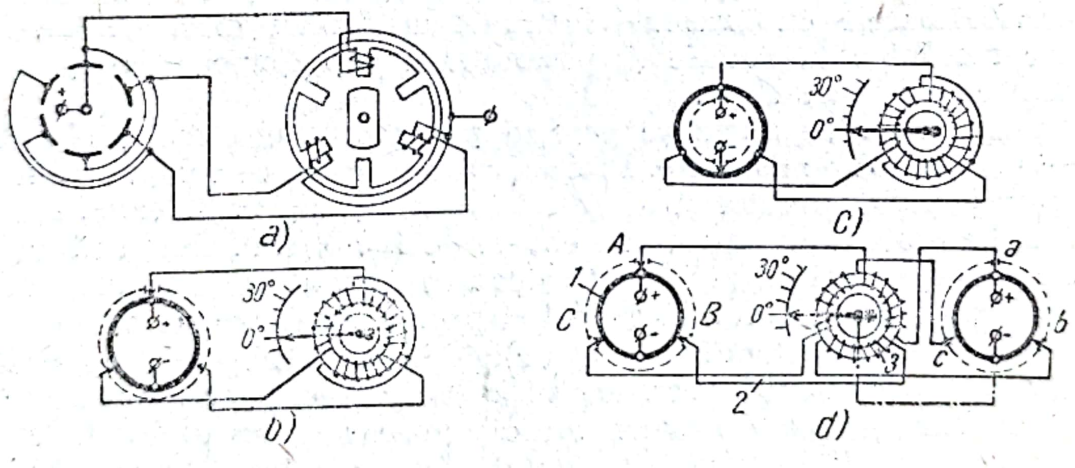


Fig. 4.1. Sisteme de transmitere la distanţă a unghiurilor de rotire:
a — cu acţiune paş cu pas şi şase poziţii fixate; *b* — sistem potenţiometric cu trei perii mobile; *c* — sistem potenţiometric cu două perii mobile; *d* — sistem potenţiometric cu autoechilibrare; *A, B, C* şi *a, b, c* — perechi de perii corespunzătoare: *1* — traductorul potenţiometrului inelar; *2* — linia de alimentare a receptorului; *3* — receptor cu miez feromagnetic inelar.

între perechea de poli corespunzătoare. Pasul rotorului este de 60°, funcţionarea este în salturi; există un număr limitat de puncte fixe pe o rotaţie şi se poate comite o eroare de 180° dacă rotorul s-a aşezat în sensul opus al fluxului. Sistemul se poate îmbunătăţi introducînd reductoare şi multiplicatoare cu roţi dinţate.

Scanned with OKEN Scanner

4.1.2. **Sistemele de transmitere la distanță a unghiurilor cu acțiune lentă în curent continuu** se bazează pe un potențiometru folosit ca divizor de tensiune.

Potențiometrul inelar are tensiunea continuă de alimentare aplicată între două puncte diametral opuse și pe el glisează trei perii de contact acționate de traductor și care fac între ele un unghi de 120° una față de alta. Receptorul este format din trei bobine identice situate sub unghiuri de 120° una față de alta și un magnet permanent care se rotește liber avînd cuplat acul indicator. La rotirea sistemului mobil al traductorului are loc redistribuirea curenților în înfășurarea rotorului și se modifică forța magnetomotoare care asigură fluxului magnetic un unghi egal cu unghiul de rotire. Magnetul permanent al receptorului ia o poziție corespunzătoare direcției fluxului și deci urmărește mișcarea axului traductorului.

Numărul contactelor alunecătoare se poate micșora la două atunci cînd alimentarea se face prin două perii diametrale cuplate cu axul traductorului. Sistemul de transmitere are o eroare metodică de circa 1°6', cu maxime care se succed la 30°, care se datorează variației potențialelor după o curbă în dinți de ferăstrău în loc de curbă sinusoidală. Se poate evita acest dezavantaj adoptînd o schemă în care traductorul și receptorul sînt alimentate de la rețea. Dacă pozițiile traductorului și receptorului concordă, perechile de perii corespunzătoare se află la același potențial, iar curenții din liniile de legătură și bobinele receptorului sînt egali cu zero. Dacă pozițiile nu concordă, potențialele periilor vor fi diferite, iar în conductele de legătură și bobinele receptorului apar curenți de compensare care prin interacțiune cu fluxul magnetic permanent al receptorului creează un cuplu de rotație care acționează pînă la stabilirea poziției de concordanță. Se poate folosi și soluția cu magnetul fix și bobinele cu trei cadre mobile. Indicațiile nu depind de variațiile tensiunii din rețeaua de alimentare, ci numai de raportul între curenții din înfășurări. Tensiunea de alimentare influențează cuplul stabilizator și deci eroarea provocată de frecare. Precizia depinde de unghiul de rotație corespunzător unei spire a înfășurării și de neuniformitatea înfășurării. Sarcina mecanică de pe axul receptorului nu exercită nici o influență asupra axului traductorului. Un singur traductor poate fi în legătură cu mai multe receptoare.

4.1.3. **Sistemele de transmitere la distanță a unghiurilor cu acțiune lină în curent alternativ (selsine)** (fig. 4.2) folosesc redistribuirea forței electromotoare alternative induse în cele trei înfășurări ale traductorului. Traductorul este un generator sincron trifazic cu înfășurarea statorică trifazică decalată în spațiu cu unghiuri de 120° și cu bobinele legate în stea sau triunghi. Rotorul traductorului are o înfășurare monofazică căreia i se aplică o tensiune de alimentare alternativă. Fluxul alternativ rotoric străbate înfășurările statorului și dă naștere unor forțe electromotoare alternative de frecvența curentului de alimentare.

La diferitele poziții ale rotorului fluxul este orientat diferit față de înfășurările statorului și forța electromotoare care apare are valori dife-

Scanned with OKEN Scanner

rite și proporționale cu cosinusurile unghiurilor formate între axele fazelor statorului și axa rotorului.

Receptorul are aceeași schemă ca și traductorul, este alimentat de la aceeași rețea de curent alternativ, iar înfășurările de fază ale statorului sînt legate printr-o linie trifilară cu înfășurările de fază ale statorului. Rotorul receptorului este un electromagnet alternativ care tinde să ocupe o astfel de poziție încît să coincidă cu sensul cîmpului alternativ total din receptor care repetă poziția din rotorul traductorului. Cînd există o abatere de la această poziție apare un cuplu de sincronizare care acționează pînă cînd rotorul receptorului revine în poziția corespunzătoare. Cuplul este proporțional cu sinusul unghiului de neconcordanță. Transmisia cu selsin este complet reversibilă. Diferența între sistemul selsin și sistemul potențiometric constă în reacția produsă de receptor pe axul traductorului și deci mărirea frecării la axul receptorului se transmite la axul traductorului și-i influențează poziția. Dacă un rotor este blocat în urma unor defecțiuni mecanice, toate indicațiile celorlalte receptoare sînt false.

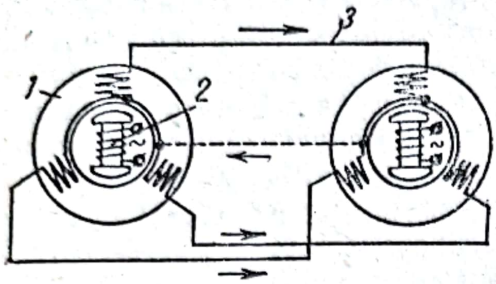


Fig. 4.2. Sistem selsin:
1 — stator cu înfășurare trifazică decalată spațial la 120°, conexat în stea; *2* — rotor cu înfășurare monofazică; *3* — legătură trifilară între înfășurările de fază ale statoarelor.

Selsinul diferențial este o mașină cu statorul și rotorul trifazic, la care rotorul receptor se rotește cu un unghi egal cu suma sau cu diferența dintre unghiurile de rotire ale traductorului și ale diferențialului. Selsinurile au trei clase de eroare 0,75°, 1,5° și 2,5° în ipoteza regimului de mers în gol. Eroarea se datorează asimetriei electrice și magnetice, excentricității rotorului, formei eliptice a rotorului, frecării în lagăre și neechilibrării mecanice a rotorului. Cînd pe axul receptorului este o sarcină mare unghiul de rotire al traductorului se transmite printr-un multiplicator.

Aducerea curentului la rotor prin inele de contact se înlocuiește cu un contact magnetic rotativ și în acest caz rotorul selsinului se împarte în două părți izolate magnetic pentru a forma doi poli. Prin cele două jumătăți ale rotorului se trece un flux magnetic alternativ creat de intrefierurile frontale ale celor două înfășurări de excitație fixe scoase în afara rotorului. Aceste selsinuri au frecare mai mică și o mare siguranță în funcționare, dar la același gabarit și putere consumată dezvoltă un cuplu util mai mic deoarece rezistența circuitului magnetic de excitație este mare.

4.1.4. **Sistemele de transmitere la distanță a unghiurilor de tip magnesin** se bazează pe neliniaritatea caracteristicilor magnetice ale materialelor feromagnetice cu saturație foarte pronunțată. Traductorul și receptorul au statorul sub formă de inel confecționat din rondele de permalloy pe care se bobinează o înfășurare de excitație uniform reparti-

zată. La capetele alăturate ale înfăşurării de excitaţie se aplică o tensiune de alimentare alternativă şi sub acţiunea curentului alternativ apare un flux alternativ cu aceeaşi frecvenţă. În centrul magnesinului este situat un magnet permanent cilindric magnetizat în direcţie diametrală, astfel ca fluxul magnetic să se împartă în două părţi şi să se închidă prin cele două jumătăţi ale inelului. Cînd curentul alternativ atinge valoarea maximă miezul statorului se magnetizează pînă la saturaţie şi deci în timpul unei perioade a tensiunii alternative aplicate se micşorează fluxul magnetic permanent. Magnetul permanent din rotor este deci o sursă de flux magnetic pulsatoriu cu frecvenţa dublă, care are acelaşi sens cu cîmpul magnetic continuu care-l provoacă şi care este dispus diametral.

Cînd se mişcă rotorul, se schimbă direcţia fluxului de frecvenţă dublă şi se poate asimila magnesinul cu un selsin alimentat cu frecvenţa dublă. Înfăşurările de excitaţie ale traductorului şi receptorului sînt împărţite în trei secţii egale legate între ele două cîte două. În fiecare din punctele înfăşurării acţionează două tensiuni în mod simultan, din care una cu frecvenţa simplă şi alta cu frecvenţa dublă. Dacă rotoarele transmiţătorului şi receptorului sînt în concordanţă, punctele corespunzătoare ale înfăşurărilor au potenţiale identice la frecvenţa principală şi la cea dublă. Cînd nu este concordanţă, repartizarea tensiunilor de frecvenţă dublă se modifică, iar în conductorii de legătură apar curenţi de compensare care fac să se nască cuplul de sincronizare. Transmisia cu magnesin este reversibilă şi cuplul sarcinii pe axul receptorului se transmite pe axul traductorului. Valoarea cuplului de sincronizare este mai mică decît la selsinurile de aceeaşi dimensiune.

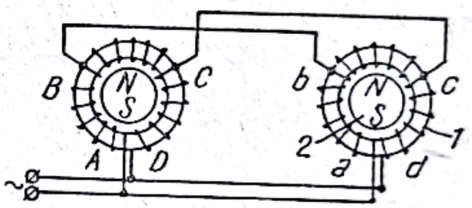


Fig. 4.3. Sistem magnesin:
1 — stator cu înfăşurare de excitaţie uniform repartizată; *2* — rotor din magnet permanent cilindric, magnetizat în direcţie diametrială; *A*, *B*, *C* şi *a*, *b*, *c*, *d* — punctele corespondente.

În fig. 4.3 se arată schematic un magnesin.

4.2. SISTEME DE URMĂRIRE

Sistemele de urmărire sînt sisteme de transmitere a unghiurilor prevăzute cu elemente amplificatoare pentru a putea învinge un cuplu de sarcină pe axul receptorului.

Sistemele de urmărire pot fi socotite ca regulatoare de poziţii automate la care mărimea reglată este unghiul de rotaţie a axului de ieşire şi de aceea ele folosesc traductoare şi receptoare de tipul celor utilizate în sistemele de transmitere la distanţă a unghiurilor, iar ca organe executorii motoarele electrice, hidraulice sau pneumatice.

Spre deosebire de regulatoarele de menţinere constantă a valorii unui parametru, cînd există perturbaţii externe, sistemele de urmărire funcţionează în regim de variaţie rapidă a poziţiei impusă de legea de mişcare a traductorului şi nu de condiţiile externe.

Scanned with OKEN Scanner

În sistemele de urmărire veriga principală de inerție este motorul de execuție, în timp ce la regulatoare veriga de inerție este constituită de obicei din obiectul reglării.

Un traductor potențiometric sau selsin transformă unghiul de neconcordanță dintre pozițiile de intrare și ieșire în tensiune electrică.

4.2.1. **Transmițătoarele potențiometrice** (fig. 4.4) sînt formate din două potențiometre inelare. Tensiunea de ieșire este luată de două perii ale axului de ieșire și aplicată la intrarea în amplificator. La poziția de concordanță tensiunea de ieșire va fi nulă, în caz contrar se acționează motorul cu reductor, care rotește axul pînă se obține concordanța corespunzătoare a periilor de la traductor și receptor. Sistemul are o eroare metodică maximă de 2°6' ce se repetă la fiecare 30° și care se poate reduce prin mărirea numărului de puncte de derivație sau prin folosirea unui mecanism de ajustare pe axul receptor. Mecanismul de ajustare produce o rotire suplimentară a periilor potențiometrului receptor cu unghiul necesar diferitelor puncte ale scării pentru a compensa eroarea metodică. Montajele potențiometrice pot utiliza curentul alternativ sau curentul continuu, iar amplificatorul trebuie să reacționeze la semnalul respectiv.

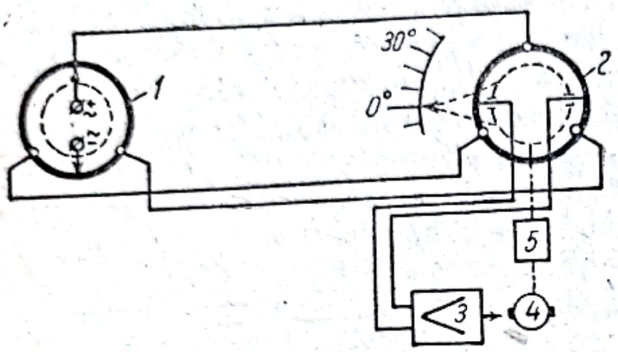


Fig. 4.4. Sistem de urmărire cu traductor potențiometric:

1 — potențiometru pilot; *2* — potențiometru urmăritor; *3* — amplificator; *4* — motor; *5* — reductor

4.2.2. **Sistemele de urmărire cu selsin** se folosesc după schema clasică cu deosebirea că al doilea selsin nu se alimentează de la rețea, ci constituie sursa de tensiune care se aplică la intrarea amplificatorului. Motorul executor se va opri cînd tensiunea la intrarea amplificatorului se va anula. În acest caz se obține poziția de concordanță, care diferă cu 90° de poziția folosită în montajul de transmitere directă a unghiurilor, formînd ceea ce se numește regim de funcționare ca indicator pentru a se deosebi de regimul de funcționare ca transformator. La abaterea de la poziția de concordanță, la bornele selsinului apare o tensiune cu amplitudine variabilă proporțională cu sinusul unghiului de neconcordanță. În poziția de concordanță tensiunea nu este nulă din cauza asimetriei selsinurilor, existenței fluxurilor de dispersie și a cuplajelor capacitive între înfășurări. Un selsin de calitate trebuie să aibă o tensiune remanentă maximă de 1% din tensiunea de ieșire maximă. Tensiunea de la ieșirea selsinului se aplică pe grila stîngă a amplificatorului de echilibrare, în timp ce grila din dreapta este legată la pămînt, iar circuitele anodice sînt conectate la înfășurările de comandă ale amplitudinei motorului executor. Circuitele anodice se alimentează cu tensiunea alternativă a rețelei

Scanned with OKEN Scanner

de alimentare a rotorului selsin traductor. Întregul dispozitiv se comportă ca un amplificator sensibil la fază şi în înfăşurările de comandă se creează o diferenţă de curent proporţională cu tensiunea de intrare. Cînd se schimbă semnul neconcordanţei se schimbă şi faza tensiunii la ieşirea din selsin şi deci şi semnul diferenţei între curenţii din înfăşurările de comandă ale amplitudinei. La ieşirea din amplidină este conectat rotorul motorului executor cu excitaţie independentă, care acţionează prin reductor mecanismul şi selsinul receptor. Viteza maximă a axului prelucrător se ia de cîteva zeci de grade pe secundă deşi viteza nominală a motoarelor este de mii de rotaţii pe minut. Reductorul permite mărirea cuplului util la arbore, reduce eroarea statică a sistemului şi reduce influenţa momentului de inerţie a mecanismului antrenat, ameliorînd calitatea sistemelor de urmărire.

4.2.3. **Sistemele de urmărire cu comandă prin releu** (fig. 4.5). Amplificatorul cu caracteristică liniară poate fi înlocuit cu un dispozitiv cu releu, dacă nu se cere sistemului de urmărire să aibă acţiune lină şi mare precizie.

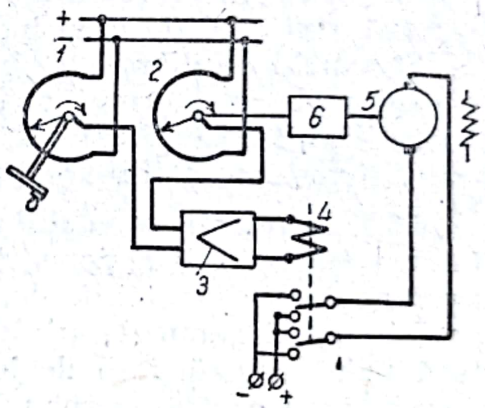


Fig. 4.5. Sistem de urmărire cu comandă prin relee:
1 — traductor; *2* — aparat secundar; *3* — amplificator; *4* — releu polarizat; *5* — circuitul de alimentare a motorului; *6* — organ de execuţie.

Traductoarele poziţiei impuse şi ale poziţiei de lucru sînt de tip potenţiometric, iar între periile potenţiometrelor este conectată intrarea amplificatorului a cărui ieşire alimentează înfăşurarea releului polarizat. Releul comută cu contactele sale circuitul de alimentare al motorului şi schimbă sensul de rotire al rotorului. Sistemele de urmărire cu comandă prin releu se clasifică în sisteme cu zonă de insensibilitate şi fără zonă de insensibilitate, după caracterul etajului de amplificare. Sistemele cu zonă de insensibilitate au relee tripoziţionale şi pentru acţionarea în una din poziţiile marginale este necesară o neconcordanţă sensibilă. Sistemele fără zonă de insensibilitate au relee bipoziţionale, iar factorul de amplificare se alege suficient de mare pentru ca releul să acţioneze într-o parte şi cealaltă la neconcordanţe infime. În sistemele fără zone de insensibilitate autooscilaţiile sînt inevitabile şi motorul reversează neîntrerupt. Sistemele cu zonă de insensibilitate nu produc autooscilaţii dacă zona de insensibilitate este largă şi acest lucru reduce precizia. Dacă se reduce limita zonei de insensibilitate apare pericolul autooscilaţiei dar creşte precizia. Se poate păstra zona de insensibilitate largă dacă se introduc verigi stabilizatoare de tipul celulelor diferenţiale.

4.2.4. **Sistemele de control automat** se utilizează pentru obţinerea indicaţiilor, semnalizărilor sau înregistrarea valorilor diferitelor mărimi în procesul de producţie. Aceste sisteme de control automat se utilizează şi pentru sortarea produselor în procesul de producţie după valorile para-

metrului de controlat. Automatizarea operațiilor de măsurare a permis înregistrarea precisă și obiectivă a parametrilor care variază rapid în timp, independent de operația de automatizare și telemecanizare sau ca operație primară în aceste procese.

4.3. SISTEME DE MĂSURARE AUTOMATĂ

Sistemele de măsurare automată se clasifică în sisteme neechilibrate și sisteme echilibrate.

Sistemele neechilibrate se bazează pe măsurarea directă a mărimii de ieșire a traductorului și au structura unui circuit deschis de acțiune. Mărimea de controlat este percepută de traductor care acționează prin amplificatorul fără reacție negativă asupra organului de reproducere. Acest sistem de construcție simplă are erori datorită factorilor externi și interni. Dacă factorul de amplificare sau tensiunea sursei de alimentare variază, sînt modificate și indicațiile aparatului de reproducere.

Sistemele echilibrate se bazează pe compensarea automată a mărimii de ieșire a traductorului cu o mărime egală de același fel. Compensarea poate fi statică sau dinamică, obținîndu-se sisteme cu echilibrare continuă sau sisteme cu echilibrare periodică.

4.3.1. **Sistemele de echilibrare continuă** au un circuit închis de acțiuni în care traductorul acționează asupra organului de comparație, care prin amplificator influențează simultan organul de reproducere și organul de echilibrare. Organul de echilibrare are o mărime de ieșire de aceeași natură fizică cu mărimea de ieșire a traductorului cu care se conectează, dar de sens contrar. Organul de comparație calculează diferența dintre cele două mărimi de ieșire și dacă această diferență nu este nulă se acționează prin amplificator asupra organelor de echilibrare și reproducere pînă se compensează mărimile de ieșire. Sistemul echilibrat are complexitatea unui sistem de reglare automată fără obiectul reglat, dar exclude erorile influențelor interioare și exterioare și mai ales asigură o putere de ieșire mare. Influențele variației factorului de amplificare și a tensiunii sursei de alimentare asupra indicațiilor sînt mai mici, chiar decît a sistemelor neechilibrate cu organ de reproducere de tip logometru sau de tip fără amplificator.

Sistemele de echilibrare continuă se clasifică în sisteme statice și sisteme astatice. Sistemele statice sînt amplificatoare cu reacție negativă și de aceea constructiv mai simple decît sistemele astatice, dar au erorile datorite zonei de insensibilitate a organului de comparație și erorile de statism corespunzătoare.

Dispozitivele electromecanice ale sistemelor de echilibrare permanentă au o întîrziere în reproducerea indicațiilor care nu se poate reduce din cauza apariției autooscilațiilor sub 0,5 s timp de stabilizare a indicațiilor.

4.3.2. **Sistemele de echilibrare periodică** se bazează pe compensarea mărimii de ieșire a traductorului cu o mărime egală de același fel fără a avea un circuit de acțiune închis, dar posedînd drept organ de echili-

Scanned with OKEN Scanner

brare un generator al mărimii de ieşire care variază periodic. Mărimea de ieşire variază ciclic de la zero pînă la valoarea maximă posibilă făcînd investigaţii pe întreaga gamă de variaţie a mărimii de ieşire a traductorului. Cînd cele două mărimi de ieşire sînt compensate, organul de comparaţie acţionează trimiţînd prin amplificator un impuls la organul de reproducere, la care ajunsese şi acţiunea directă periodică a organului de echilibru. Organul de reproducere fixează printr-un procedeu oarecare valoarea mărimii de ieşire în momentul compensării. Funcţionarea ciclică este folosită la măsurarea succesivă a indicaţiilor mai multor traductoare. Sistemele cu echilibrare periodică nu au procese tranzitorii şi întîrzierea poate apărea numai în cadrul unei perioade, care la sistemele electronice este de ordinul sutimii de secundă. Dacă se echilibrează tensiunea la ieşire, sistemul se numeşte *potenţiometru automat,* iar dacă se echilibrează rezistenţa la ieşirea traductorului sistemul se numeşte *punte automată.*

Potenţiometrele automate (fig. 4.6) sînt dispozitive echilibrate pentru măsurarea şi înregistrarea automată a forţei electromotoare sau a tensiunii continue. Cele mai folosite potenţiometre automate din industria chimică sînt de tipul sistemelor de echilibrare permanentă astatice.

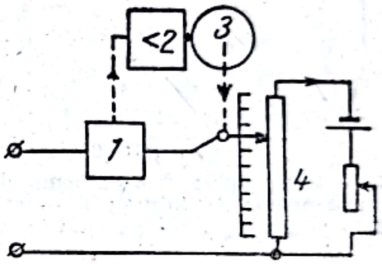


Fig. 4.6. Potenţiometru automat cu sistem astatic de echilibrare continuă:
1 — organ de zero; *2* — amplificator; *3* — motor de echilibrare; *4* — reostat cu fir calibrat.

Tensiunea de măsurat se compensează cu tensiunea culeasă de pe un reostat calibrat în care curentul care circulă se menţine constant cu ajutorul unui reostat auxiliar. Echilibrul tensiunilor se menţine permanent prin deplasarea automată a cursorului reostatului cu fir calibrat de către un motor reversibil de echilibrare, acţionat prin amplificator de către organul de comparaţie, care sezisează tensiunea de dezechilibru. Cursorul este cuplat cu un ac indicator care se deplasează în faţa scării gradate, proporţional cu tensiunea măsurată. La echilibru, prin conductorii care leagă sursa de tensiune cu potenţiometrul automat nu circulă curenţii şi variaţia rezistenţei conductorilor nu produce erori de indicare ca la sistemele neechilibrate. Tot datorită faptului că la echilibru tensiunea la intrarea amplificatorului este nulă, variaţia factorului de amplificare nu provoacă variaţii ale vitezei de rotaţie a motorului. Zona de insensibilitate a organului de comparaţie, a amplificatorului şi a motorului de echilibrare provoacă erori mai mici ca la sistemele neechilibrate.

Potenţiometrele electromecanice au drept organ de comparaţie un galvanometru magnetoelectric, iar drept amplificator o construcţie metalică care controlează periodic acul indicator al galvanometrului de zero. Nu există motor reversibil, dar la devierea galvanometrului cursorul potenţiometrului se deplasează pas cu pas spre poziţia de echilibru.

Potenţiometrele electronice (fig. 4.7) nu au galvanometru de zero şi pentru amplificarea tensiunii de dezechilibru se folosesc tu-

buri electronice, căci tensiunea de dezechilibru minimă este de 10 V. Amplificarea directă a tensiunilor mici nu este posibilă, datorită instabilității curentului anodic al tuburilor electronice. De aceea, tensiunea continuă de dezechilibru se transformă în tensiune alternativă care se amplifică mai sigur. Verigile unui potențiometru sînt următoarele: schema de măsurare, convertizorul de vibrații, amplificatorul electronic și motorul de echilibrare.

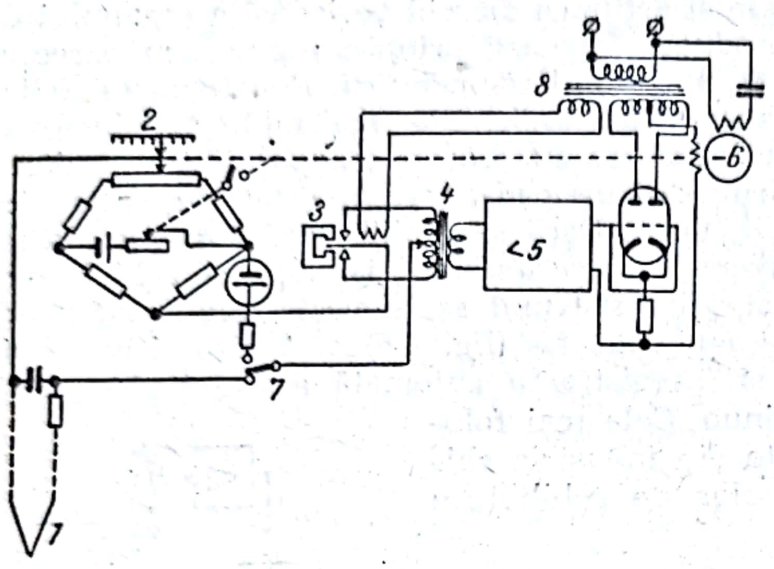


Fig. 4.7. Potențiometru electronic automat:
1 — termocuplu; *2* — schema de măsurare; *3* — vibrator; *4* — transformator de intrare; *5* — amplificator electronic; *6* — motor de echilibrare; *7* — comutator; *8* — transformator de alimentare.

Schema de măsurare este un montaj în punte care conține reostatul cu fir calibrat și reostatul de corectare a intensității curentului, un element normal pentru verificarea intensității și o rezistență pentru compensarea variației temperaturilor sudurii reci a termocuplului.

Convertizorul de vibrații transformă tensiunea de dezechilibru în tensiune alternativă și la fiecare închidere a contactului se trimite un impuls de curent în una din secțiile înfășurărilor primare a transformatorului de intrare din amplificatorul electronic.

În înfășurarea secundară a transformatorului de intrare se introduce o tensiune alternativă cu o frecvență de 50 Hz, care își inversează faza cu 180° la schimbarea polarității de dezechilibru și este amplificată de amplificatorul electronic înainte de a trece la amplificatorul de putere sensibil la fază care comandă rotația motorului. Amplificatorul sensibil la fază este o triodă dublă cu anozii alimentați cu tensiuni de curent alternativ defazate cu 180°.

Punctul median al înfășurării secundare a transformatorului de alimentare și catodul tubului sînt conectate prin înfășurarea de comandă a motorului de inducție bifazat. Cînd tensiunea de dezechilibru este nulă pe grilele cuplate ale triodei duble nu se aplică tensiune și în înfășurarea de comandă nu există curent alternativ de frecvența 50 Hz. La dezechilibru se aplică pe grila tubului o tensiune în fază cu tensiunea unuia din anozi și prin înfășurarea de comandă a motorului circulă un curent cu frecvența de 50 Hz în întîrziere sau în avans cu 90° față de curentul din înfășurarea de grilă a motorului, deoarece aceasta este legată la rețea printr-un condensator.

Scanned with OKEN Scanner

Motorul este cuplat mecanic cu cursorul reostatului cu fir calibrat și în funcție de polaritatea tensiunii de dezechilibru se rotește în sensul necesar restabilirii echilibrului. Un filtru format dintr-o capacitate și un reostat evită intrarea în potențiometru a forței electromotoare alternative induse în traductor și în conductorii de legătură de către cîmpurile magnetice exterioare. Cursorul parcurge scara în 4—20 s. Potențiometrul are o eroare de $\pm 0{,}5\%$ și un prag de sensibilitate de sutime de procent din valoarea maximă.

Potențiometrul automat astatic are un motor de echilibrare auxiliar și un reostat calibrat cu contacte. Cu ajutorul potențiometrului automat astatic se obține variația tensiunii de echilibrare prin variația curentului într-o rezistență fixă. Curentul anodic al tubului crește pînă ce căderea de tensiune pe rezistență devine egală cu tensiunea de măsurat.

În circuitul anodic al tubului se conectează miliampermetrul indicator sau înregistrator care permite citirea mărimii măsurate.

În circuitul de grilă al tubului de amplificare se conectează un circuit de stabilizare al sistemului format din capacitate și rezistențe.

Folosind un aparat de zero de tipul galvanometrului de nul cu oglindă acest regulator astatic se transformă în regulator static, deoarece galvanometrul are un cuplu mecanic antagonist și apare tensiune mică de dezechilibru pe care potențiometrul o amplifică ca un amplificator electromecanic cu reacție negativă.

În industria chimică se utilizează astfel de potențiometre bazate pe celule fotoelectrice sau care influențează oscilațiile excitate într-un oscilator cu tub electronic. În acest caz se poate renunța la galvanometru și se poate folosi amplificarea electronică a tensiunii de dezechilibru, modulată în prealabil.

Punțile automate de autoechilibrare sînt dispozitive echilibrate care servesc la măsurarea și înregistrarea automată a valorii rezistenței active, inductive sau capacitive. Rezistența de măsurat rezultă ca mărime de ieșire într-un traductor parametric care se conectează cu schema în punte pentru echilibrare automată.

Punțile automate astatice cu compensare continuă se pot transforma în potențiometre automate prin schimbarea schemei de măsurare și a organului de comparație.

Punțile automate electronice (fig. 4.8) sînt alimentate de la o tensiune alternativă, nu au galvanometru, iar tensiunea de dezechilibru se amplifică direct de către un amplificator electronic de curent alternativ. Traductorul parametric este conectat ca braț la schema în punte prin trei conductori pentru a compensa variațiile de temperatură. Tensiunea alternativă de dezechilibru este culeasă de pe reostatul cu fir calibrat și amplificată de un amplificator electronic al tensiunii și un amplificator de putere sensibil la fază, a cărei tensiune de ieșire se aplică pe înfășurarea de comandă a motorului de inducție bifazat, care acționează cursorul reostatului.

În funcție de mărirea sau micșorarea rezistenței traductorului, faza tensiunii de dezechilibru se inversează cu 180° și motorul se rotește deplasînd cursorul spre poziția de echilibru. Variațiile tensiunii de alimentare a montajului nu provoacă eroare de indicare ca și variația fac-

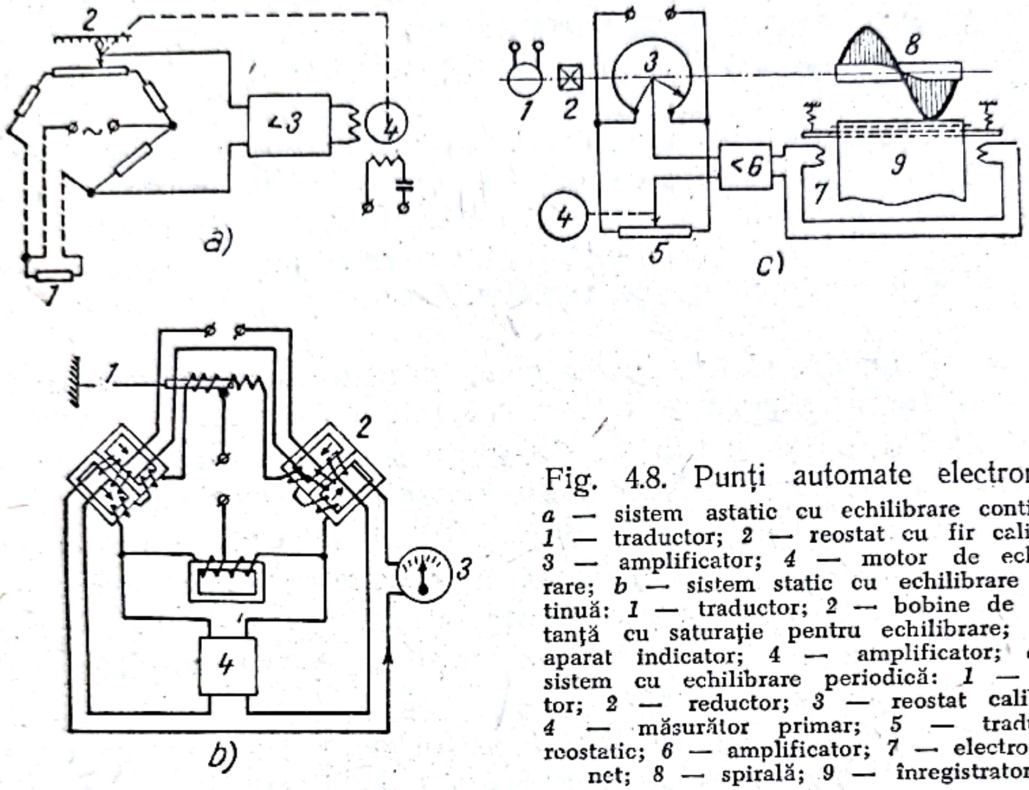


Fig. 4.8. Punți automate electronice: *a* — sistem astatic cu echilibrare continuă: *1* — traductor; *2* — reostat cu fir calibrat; *3* — amplificator; *4* — motor de echilibrare; *b* — sistem static cu echilibrare continuă: *1* — traductor; *2* — bobine de reactanță cu saturație pentru echilibrare; *3* — aparat indicator; *4* — amplificator; *c* — sistem cu echilibrare periodică: *1* — motor; *2* — reductor; *3* — reostat calibrat; *4* — măsurător primar; *5* — traductor reostatic; *6* — amplificator; *7* — electromagnet; *8* — spirală; *9* — înregistrator.

torului de amplificare care influențează numai viteza de echilibrare dacă sistemul are o zonă de nestabilitate.

Alimentarea în curent alternativ a permis construirea punților automate fără contact pe reostatul calibrat, iar motorul de echilibrare deplasează miezul unei bobine de inductanță sau rotește armătura unui condensator cu aer.

Comanda rezistențelor de echilibrare se poate face fără motor de echilibrare, deci nu pe cale mecanică, ci pe cale electrică, folosind bobine de reactanță cu saturație.

Traductoarele sînt cu miez mobil și echilibrarea punții se face prin variația inductanțelor bobinelor de reactanță conectate în serie cu bobinele traductorului.

Puntea este alimentată cu o tensiune alternativă și un amplificator electronic cu etaj de amplificare a puterii de ieșire, care este sensibil la fază și amplifică tensiunea de dezechilibru. Curentul de ieșire al amplificatorului trece prin înfășurările de comandă ale bobinelor de reactanță cu saturație, la care se aplică printr-o sursă auxiliară de tensiune continuă și o magnetizare suplimentară.

În poziția mediană a miezului bobinele de reactanță au inductanțele egale și curentul de ieșire este nul și puntea echilibrată. La stricarea

Scanned with OKEN Scanner

echilibrului inductanța bobinelor traductorului se schimbă și la ieșirea din amplificator apare un curent care crește proporțional cu valoarea deplasării.

Aparatele indicatoare sînt conectate în serie cu înfășurările de comandă ale bobinelor de reactanță cu saturație. Această punte automatică statică este și un amplificator cu reacție negativă, deoarece înfășurările de magnetizare suplimentară a bobinelor de reactanță cu saturație sînt conectate astfel încît cîmpul de magnetizare al bobinei de reactanță să crească, în timp ce în cealaltă bobină de reactanță el se micșorează. Curentul crește pînă ce puntea revine la o stare de echilibru. Reacția negativă reduce eroarea datorită tensiunii de alimentare și factorului de amplificare la maximum 1%.

Puntea automată electrică cu echilibrare periodică se utilizează la înregistrarea indicațiilor și este formată din traductor reostatic, reostat cu fir calibrat, motor, cursor cu contact, măsurător primar și sursa de alimentare cu tensiune. Tensiunea culeasă de pe cursor variază în timp după o curbă în dinți de ferăstrău. În diagonala punții, între cursorul reostatului calibrat și cursorul traductorului reostatic, se conectează un amplificator a cărei tensiune este nulă în momentul echilibrării punții.

La fiecare rotire a cursorului reostatului calibrat tensiunea la intrarea în amplificator scade de la o valoare inițială la valoarea zero corespunzătoare punctului de echilibru și apoi crește la valoarea finală. Fiecărei valori a mărimii de măsurare îi corespunde un unghi de rotire a cursorului calibrat pentru care tensiunea de dezechilibru este nulă și deci poate constitui măsura mărimii de măsurat. Această mărime de măsurat se poate exprima prin intervalul de timp dintre momentul inițial al fiecărei perioade și momentul de echilibru.

Pe axa cursorului reostatului calibrat se rotește o creastă spirală care atinge într-un punct hîrtia de diagramă, iar distanța între punctul de atingere și originea diagramei este proporțională cu unghiul de rotire a axului. Sub hîrtie este plasată panglica de colorare și regleta de imprimare care este acționată de electromagneții conectați în circuitul de ieșire a amplificatorului. La fiecare rotire a axului, în momentul echilibrării punții, electromagneții apasă plăcuța și panglica pe hîrtie, imprimînd un punct ce are distanța față de originea diagramei proporțională cu mărimea de măsurat. Durata unei rotiri a axului reostatului calibrat se ia 0,5 s și pe o diagramă se pot înregistra indicațiile mai multor traductoare legate succesiv în punte sau legate permanent cu marcarea simultană a punctelor de echilibru, în decursul unui ciclu.

4.4. SEMNALIZAREA AUTOMATĂ A INDICAȚIILOR

Sistemele automate de măsurare reproduc indicațiile la aparatele indicatoare și înregistratoare și semnalizează automat valorile mărimilor de măsurat.

Scanned with OKEN Scanner

Semnalizarea automată a indicațiilor se bazează pe împărțirea în sectoare a gamei de măsurare și indică sectorul în care se găsește valoarea mărimii măsurate în momentul măsurării. Se folosește semnalizarea luminoasă a trei poziții: normală, mai mică și mai mare, bazîndu-se pe aparate indicatoare cu contacte care se închid și dau semnalul respectiv. Cînd sînt mai multe contacte repartizate uniform se obține un aparat cu citire directă a indicațiilor. Se pot controla mai multe mărimi de măsurat cu semnalizarea simultană a valorilor lor, astfel ca totalitatea semnalelor să dea o imagine simplificată a procesului de producție.

Sortarea automată ca și semnalizarea automată se bazează pe împărțirea gamei de măsurare într-o serie de sectoare cu scopul de a grupa piesele după valoarea mărimii măsurate și a deosebi produsele bune de cele rele.

4.5. COMANDA AUTOMATĂ

Dispozitivele de comandă automată au scopul de a înlătura participarea omului la comanda operațiilor din ciclul tehnologic, după ce acesta dă impulsul inițial de pornire, dispozitivele realizînd într-o succesiune dată toate operațiile din ciclul tehnologic. Dispozitivele de comandă automate îndeplinesc și funcția de protecție automată a utilajului tehnologic, întrerupînd funcționarea cînd apare un regim anormal sau în caz de avarie.

Acțiunea trebuie să se exercite asupra mecanismului de acționare a utilajului, care este de cele mai multe ori electric, și de aceea trebuie să se realizeze automatizarea comenzii acționării electrice, care are următoarele aspecte:

— pornirea automată a motorului electric;
— inversarea sensului de rotație a motoarelor electrice;
— variația vitezei de rotație a motoarelor electrice;
— frînarea motoarelor electrice.

Dispozitivele de comandă pot fi semiautomate sau automate, după cum impulsul de pornire este dat de operatorul care supraveghează procesul tehnologic, sau de un traductor sau releu care controlează regimul de funcționare a instalației respective.

Ciclul de comenzi automate se compune din operații succesive. Pentru executarea fiecărei operatii, dispozitivul de comandă trimite un impuls de comandă pe principiul succesiunii acțiunilor în funcție de decurgerea procesului tehnologic sau pe principiul transmiterii independente a impulsurilor de comandă în funcție de timp.

Primul principiu se realizează cu întrerupătoare de cursă, contacte de blocare, relee sau traductoare care înregistrează valorile limită ale parametrilor. Al doilea principiu se realizează cu dispozitivul program acționat de un motor electric sau mecanism de ceasornic. Se pot folosi în loc de dispozitive cu program și relee de timp.

Pornirea și oprirea motoarelor electrice de acționare trebuie să se facă cu limitarea curentului de pornire din circuitul rotorului. Se folosește metoda introducerii la pornire în circuitul rotorului a unei rezis-

Scanned with OKEN Scanner

tențe care se scurtcircuitează pe măsură ce viteza de rotație crește și curentul consumat de la rețea se micșorează.

Cînd rotorul a atins turația normală, curentul a scăzut la valoarea de regim și rezistența se scurtcircuitează complet.

Folosind principiul succesiunii acțiunilor în funcție de decurgerea procesului, se aplică comutarea rezistențelor de pornire în funcție de curentul absorbit.

Folosind principiul transmiterii independente a impulsurilor se face comutarea rezistențelor de pornire în funcție de timp. Se aleg rezistențele de pornire astfel ca la legarea motorului la rețea și la scurtcircuitarea fiecărei trepte de rezistență, valoarea curentului să nu depășească o valoare maximă admisibilă. În circuitul motorului se conectează în serie trei rezistențe limitatoare de curent, trei relee electromagnetice de curent cu conectarea succesivă și patru contactoare. Se prevede și un releu termic de curent maxim pentru protecția motorului de curent continuu contra suprasarcinilor și care întrerupe circuitul contactorului de linie în caz de scurtcircuit sau de supraîncărcare a motorului.

Schema de comandă a pornirii motorului electric, în funcție de timp, se realizează cu două rezistențe limitatoare de curent și două relee electromagnetice cu întîrziere la revenirea armăturilor pentru a obține temporizările dorite. Regimul de variație a vitezei de rotație a motorului depinde de sarcina pe arborele motorului și de aceea valorile minime și maxime ale curentului se abat de la valorile măsurate.

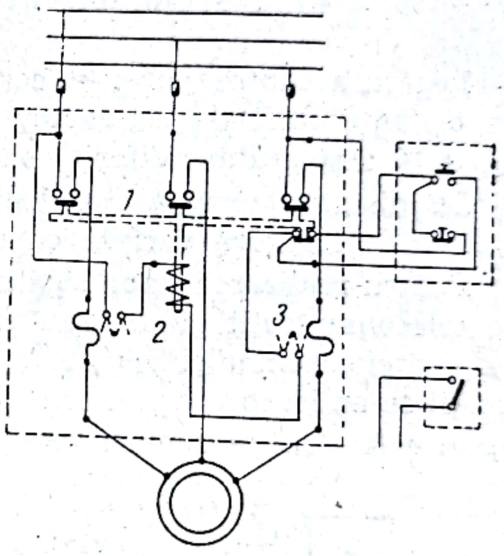


Fig. 4.9. Schema de comandă a pornirii motoarelor electrice (pornitor magnetic nereversibil cu protecție termică):
1 — contacte principale; *2* — bobina electromagnetului pornitorului; *3* — releu termic cu contacte.

În fig. 4.9 este dată schema de comandă a pornirii motoarelor electrice asincrone de curent alternativ.

4.6. PROTECȚIA AUTOMATĂ

Protecția automată a instalațiilor industriale se folosește pentru prevenirea avariilor în caz de apariție a regimurilor anormale. Se deosebesc două tipuri de protecție:

— bazate pe controlul direct al proceselor care au loc în instalații;
— bazate pe sarcina motorului electric de acționare.

În primul caz, un releu acționează cînd valorile limită din punct de vedere a securității echipamentului au fost depășite și un impuls deconectează de la rețea motorul de acționare și conectează dispozitivul de semnalizare.

În al doilea caz, în circuitul principal al motorului se conectează un releu maximal de curent care deconectează, la ridicarea sarcinii, circuitul bobinei contactorului de linie.

La protecţia motoarelor se folosesc releele termice cu element sensibil bimetalic deoarece temporizarea releului este funcţie de multiplicitatea curentului efectiv faţă de curentul nominal şi deci la creşterea curentului temporizarea scade. Se obţine deconectarea instantanee la creşterea bruscă a sarcinii şi păstrarea legăturii motorului la sarcini mici sau de scurtă durată (v. fig. 4.9).

4.7. SISTEME DE AUTOMATICĂ ŞI TELEMECANICĂ

Legătura dintre obiectul controlului şi punctul de comandă se face pe distanţe mici cu conductori de rezistenţă mică şi izolaţie bună. În fig. 4.10 sînt arătate diferite sisteme de automatică şi telemecanică.

La distanţe mari costul legăturilor creşte foarte mult şi parametri liniilor de legătură variază cu condiţiile atmosferice.

Pentru realizarea unor legături în anumite direcţii se utilizează canale de telecomunicaţii cu fir sau radio care permit transmiterea simultană a diferitelor semnale. Pentru utilizarea multiplă a canalelor de telecomunicaţii se aplică principiul selecţionării semnalelor după frecvenţă şi principiul selecţionării semnalelor în timp.

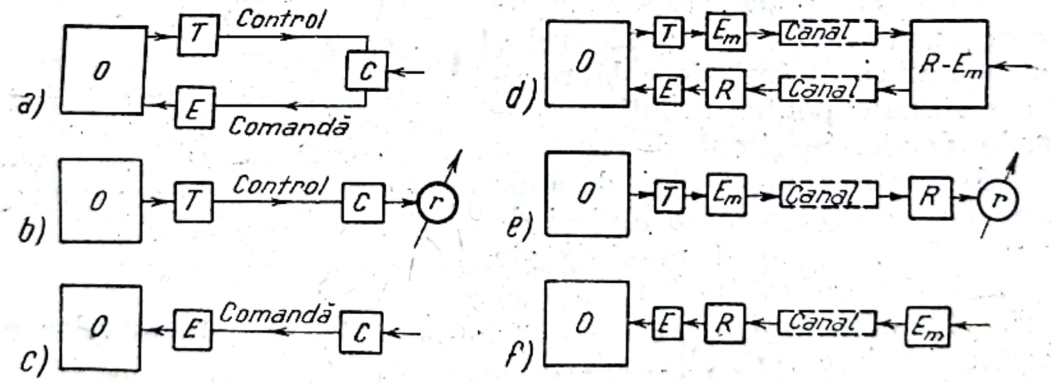


Fig. 4.10. Sisteme de automatică şi telemecanică:

a — sistem de reglare automată; *b* — sistem de control automat; *c* — sistem de comandă automat; *d* — sistem de telereglare; *e* — sistem de telemăsurare; *f* — sistem de telecomandă; *O* — obiectul reglajului; *T* — traductorul; *C* — organul de comandă; *E* — organul executor; *r* — organul de reproducere; *Em* — emiţător; *R* — receptor; *R-Em* — dispozitiv receptor emiţător.

Liniile de telecomunicaţii cu fir folosite drept canale de telecomunicaţii sînt linii aeriene bifilare sau linii de cabluri, care sînt caracterizate din punct de vedere electric prin următorii parametrii: rezistenţa circuitului, rezistenţa izolaţiei, inductanţa circuitului şi capacitatea între conductori.

Scanned with OKEN Scanner

Liniile aeriene de telecomunicații bifilare cu diametrul conductorilor de 4 mm au la temperatura de +20° o rezistență de 2,82 Ω/km, cînd conductorii sînt de cupru.

Rezistența de izolație variază între 30MΩ/km pe vreme uscata și 4MΩ/km în timp de ploaie. Inductanța circuitului bifilar cu conductori de cupru uscați la o distanță de 200 mm între ei este de $2{,}10^{-3}$ H/km, iar capacitatea de regim a liniei în aceleași condiții este de 0,007 μF/km.

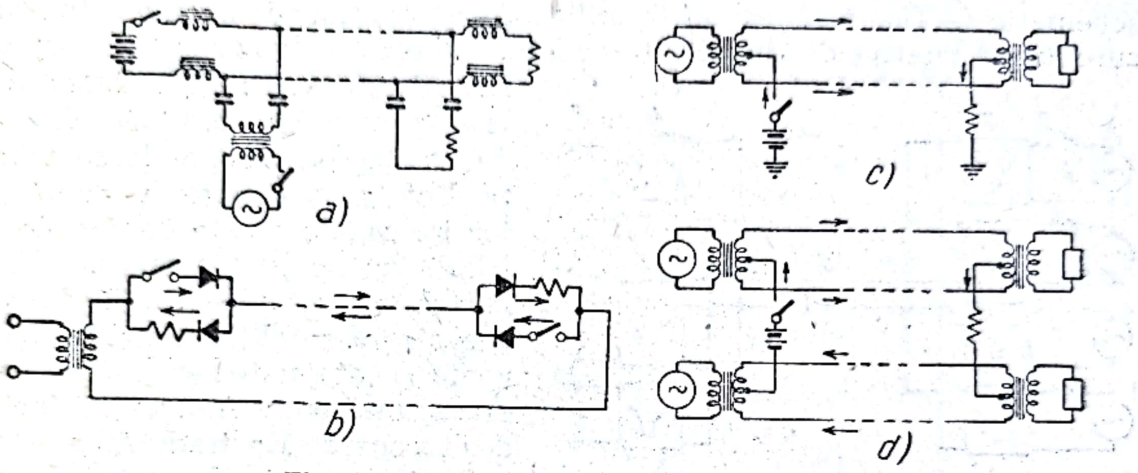


Fig. 4.11. Formarea circuitelor artificiale:
a — separarea circuitelor electrice de curent continuu și de curent alternativ; *b* — dublarea numărului de canale prin transmiterea în semiunde de curent alternativ; *c* — aplicarea principiului punții echilibrate cu folosirea pămîntului drept conductor; *d* — aplicarea principiului punții echilibrate cu folosirea liniilor bifilare.

Liniile de cabluri se fac din conductori de cupru cu diametru 0,5—1,2 mm și au o rezistență de 30—190Ω/km, o rezistență de izolație de 1 000—5 000MΩ/km, o inductanță de $0{,}8 \cdot 10^{-3}$ H/km și o capacitate de 0,03—0,04 μF/km.

Formarea circuitelor artificiale este procedeul de folosire a liniilor de telecomunicații cu fir și se utilizează trei tipuri de montaje, arătate în fig. 4.11:

a) montaje cu separarea circuitelor de curent continuu și de curent alternativ;

b) montaje bazate pe principiul punții echilibrate;

c) montaje bazate pe transmiterea unei semiunde de curent alternativ.

Separarea circuitelor de curent continuu și de curent alternativ se realizează cu ajutorul bobinelor de inductanță și a condensatoarelor de separație. Bobinele de inductanță trebuie să aibă o inductanță mare pentru a nu permite trecerea curentului alternativ prin ele.

Principiul punții echilibrate se bazează pe montarea între sursă și receptorul de curent alternativ a unui transformator diferențial, astfel că circuitul de curent continuu se formează prin punctele mediane ale transformatorului și conductorii de linie. Puntea este formată de jumătățile înfășurărilor de linie a transformatorilor diferențiali și conductorii de linie. Cînd puntea este echilibrată, curentul alternativ nu circulă prin circuitul sursei și a receptorului de curent continuu, iar impulsurile de

curent continuu nu induc forța electromotoare în circuitul de curent alternativ.

Procedeul de dublare a numărului de canale prin transmiterea unor semiunde de curent alternativ cu polaritate opusă se bazează pe folosirea redresoarelor pentru separarea circuitelor. La acționarea unei chei se închide releul corespunzător.

Utilizarea multiplă a liniilor de telecomunicații, după cum se vede schematic în fig. 4.12, se poate aplica dacă se transmit semnale folosind curenți alternativi de diferite frecvențe. Canalele sînt separate cu ajutorul filtrelor electrice. Generatoarele produc curenți de diferite frecvențe, iar semnalele se trimit pe linie prin închiderea contactelor pe canale create de filtrele de bandă de pe partea emițătoare și partea receptoare. După filtrele receptoare se obțin benzi de frecvență neatenuate și de lățimea corespunzătoare frecvenței închiderii contactelor traductoare. Impulsul dorit este de formă dreptunghiulară și de aceea filtrele de emisie trebuie să transmită cel puțin armonica a treia, iar lățimea benzii este de 6 pînă la 10 ori frecvența de limitare a impulsurilor de curent.

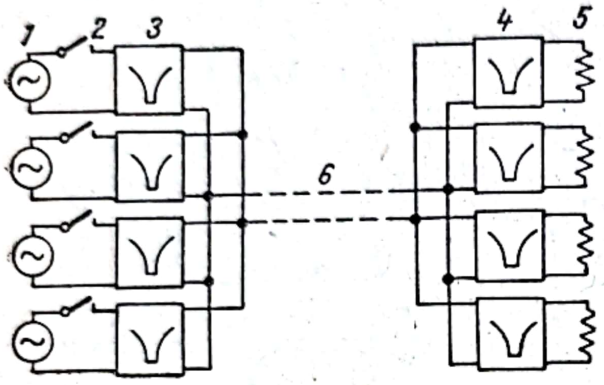


Fig. 4.12. Utilizarea multiplă a liniilor de telecomunicații folosind principiul separării după frecvența semnalelor:

1 — generatoare de frecvență; *2* — contacte; *3* — filtru de bandă, partea emițătoare; *4* — filtru de bandă, partea receptoare; *5* — releu; *6* — linie de telecomunicații.

Se utilizează și metoda modulării curentului unui generator printr-un curent alternativ de frecvență joasă. În circuitul generatorului de frecvență purtătoare este conectată în serie cu sarcina o rezistență neliniară și amplitudinea tensiunii de sarcină variază similar cu tensiunea modulatoare de frecvență. În elementul receptor, tensiunea modulatoare se separă din nou prin detectoare.

Pentru transmiterea semnalelor telemecanice se folosesc frecvențe subacustice (sub 300 Hz) sau supraacustice (2 600—8 500 Hz). În gama frecvențelor subacustice se construiește un canal, iar în camera de frecvențe supraacustice se prevăd două canale. Dacă nu se folosesc liniile pentru transmisii telefonice în gama de frecvențe 300—2 600 Hz se poate folosi tot domeniul între 300 și 4 000 Hz, pentru a crea 18 canale cu o lățime a benzii frecvențelor de trecere de 140 Hz.

Conductorii liniilor de transport se pot folosi pentru canale de telecomunicații cu frecvența 50—300 Hz, cuplînd receptorul emițător la unul din conductori printr-un condensator de cuplaj de capacitate mică 2 000 pF, cu o reactanță de 1,5 M Ω pentru curenții de frecvență industrială, dar care lasă să treacă curenții de înaltă frecvență. Canalul de înaltă frecvență se separă prin circuite de rezonanță și blocare, care au o mare rezistență la frecvențe înalte.

Scanned with OKEN Scanner

Canalele radio (fig. 4.13) aplicate în industria chimică folosesc unde ultrascurte (decimetrice şi centimetrice). Ele se propagă în limitele vizibilităţii directe care este limitată de curbura suprafeţei pămîntului. Se impune folosirea de radiorelee, la distanţa de 50—80 km. Liniile de radio-

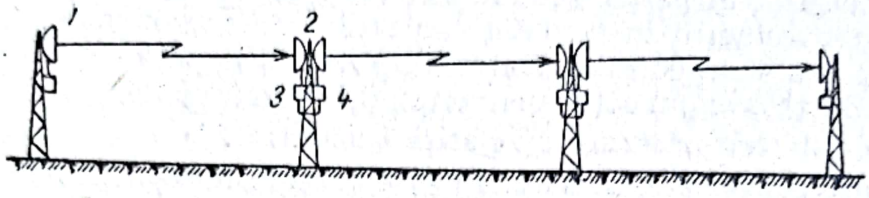


Fig. 4.13. Linie de radiorelee pe unde ultrascurte:
1 — antenă emiţătoare; *2* — antenă receptoare; *3* — aparat de radiorecepţie; *4* — aparat de radioemisie.

comunicaţii pot fi folosite pe baza principiului separării pe frecvenţe sau pe baza separării semnalelor în timp pentru a se obţine canale multiple. La punctele de emisie şi recepţie se montează distribuitoarele cu comutare sincronă pentru a aşeza contactele mobile pe aceleaşi contacte fixe corespunzătoare momentului şi deci a forma canalul de telecomunicaţii. Pentru a reduce durata ciclului de comutare se utilizează distribuitoare fără inerţie de tipul comutatoarelor catodice, comutatoare cu relee electronice legate în serie etc.

La începutul fiecărui ciclu se transmite un impuls de sincronizare ce se deosebeşte prin amplitudine de impulsul de regim şi care comandă alinierea distribuitorului pentru a asigura transmiterea semnalului pe canalul corespunzător.

Impulsul poate să fie modulat în amplitudine, în lăţime sau în fază şi atunci amplitudinea variază în funcţie de valorile instantanee ale semnalelor, respectiv durata de trimitere a impulsului sau poziţia în timp. Aceste două ultime metode asigură mai bine protecţia canalului contra paraziţilor, iar impulsurile de sincronizare au aceeaşi amplitudine ca şi impulsurile de regim, dar se deosebesc prin durată sau prin formă.

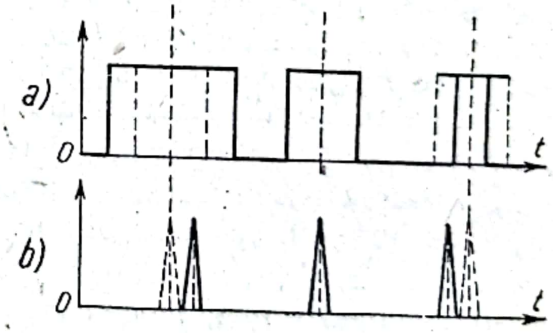


Fig. 4.14. Modularea impulsurilor:
a — modularea în lăţime a impulsului; *b* — modularea în fază a impulsului.

În fig. 4.14 se dă schema modulării impulsurilor.

4.8. SISTEME DE TELEMĂSURARE

Sistemele de telemăsurare se bazează pe transmiterea prin canalul de telecomunicaţii a unei mărimi auxiliare care se poate transmite la distanţe mari mai uşor decît mărimea de măsurare. Mărimea care se trans-

mite trebuie să fie caracterizată prin deformări minime în canalele de telecomunicații și pierderi minime de energie.

Schema structurală a sistemelor de telemăsurare se compune din emițător, receptor și canale de telecomunicație. Emițătorul transformă mărimea de măsurat în parametrul teletransmisiei, iar în receptor se transformă acest parametru în deviația aparatului de reproducere, care poate fi indicator sau înregistrator. Datorită denaturării parametrului auxiliar în canalul de telecomunicații apar erori de telemăsurare.

Sistemele de telemăsurare se clasifică astfel:

— sisteme de variație a puterii electrice transmise în funcție de mărimea de măsurat;

— sisteme cu impulsuri de curent sau frecvență variabilă în funcție de mărimea de măsurat.

Sistemele de telemăsurare de putere folosesc curent continuu, fiindcă curentul alternativ influențează reactanța inductivă și conductanța capacitivă a liniei și deci sînt sisteme cu acțiune la distanță mică.

Sistemele de telemăsurare cu impulsuri de curent și de frecvență folosesc curentul alternativ. Mărimea auxiliară este caracterizată prin numărul, durata și frecvența impulsurilor sau frecvența și faza curentului alternativ.

Sistemele de putere se clasifică în sisteme de curent sau de tensiune.

Sistemele de curent folosesc curentul continuu și sînt de tipul neechilibrat. Sistemele de curent neechilibrat cu traductor rezistiv se bazează pe divizorul de tensiune, care modifică tensiunea aplicată liniei pe care este montată o rezistență de balast pentru a limita eroarea datorită variației rezistenței conductorilor de linie. Receptorul este un galvanometru magnetoelectric și indicația aparatului va fi proporțională cu unghiul de rotire al măsurătorului primar.

Eroarea de telemăsurare se datorează abaterii tensiunii de alimentare de la valoarea nominală sau micșorării rezistenței de izolare a conductorilor de linie din sistemul bifilar.

Sistemul trifilar (fig. 4.15) are un traductor rezistiv și un receptor de tip logometru magnetoelectric, iar linia de telecomunicații are trei conductori, fapt care elimină necesitatea stabilizării tensiunii de alimentare sau a parametrilor liniei de legătură. Raportul curenților este funcție de poziția periei traductorului și nu depinde de tensiune, de rezistența conductorilor sau de starea izolației liniei. Erorile se datoresc nesimetriei sistemului de linii.

Sistemele de curent neechilibrat cu traductor inductiv se folosesc cînd măsurătorul primar nu are un moment de stabilizare ca să învingă frecarea periilor. Unghiul de rotire a echipajului mobil se transformă proporțional în tensiune alternativă care se redresează astfel că prin linia de telecomunicații circulă curent redresat. Traductorul este un transformator cu inductanța mutuală reglabilă între înfășurarea primară, care este așezată pe un miez magnetic, și înfășurarea secundară, constînd din-

Scanned with OKEN Scanner

tr-o bobină fără carcasă care se deplasează în întrefier. Înfăşurarea primară se alimentează cu tensiune alternativă, iar înfăşurarea secundară se induce pe forţa electromotoare a cărei valoare este funcţie de poziţia bobinei în întrefier. Curentul redresat care circulă pe linie este proporţional cu forţa electromotoare, deci cu unghiul de rotire a bobinei. Traductorul se conectează printr-un stabilizator de tensiune electromagnetic.

Sistemele de curent echilibrat se bazează pe reglarea automată a curentului şi pe crearea unei dependenţe între mărimea de măsurat şi curentul din linia de telecomunicaţii. Cuplul de răsucire a unui resort este folosit drept cuplu antagonist de echilibrarea a cuplului format de sistemul magnetoelectric ce măsoară curentul de pe linie. Regulatorul de curent poate fi fotoelectric sau cu oscilator de înaltă frecvenţă, cu reacţie inductivă reglabilă şi un ecran al dispozitivului de echilibrare care se deplasează între bobinele circuitului oscilant şi bobina de reacţie, variind reacţia şi reglînd componenţa continuă a curentului anodic a tubului oscilatorului. Distanţa de transmitere este limitată de valoarea tensiunii aplicate la receptor.

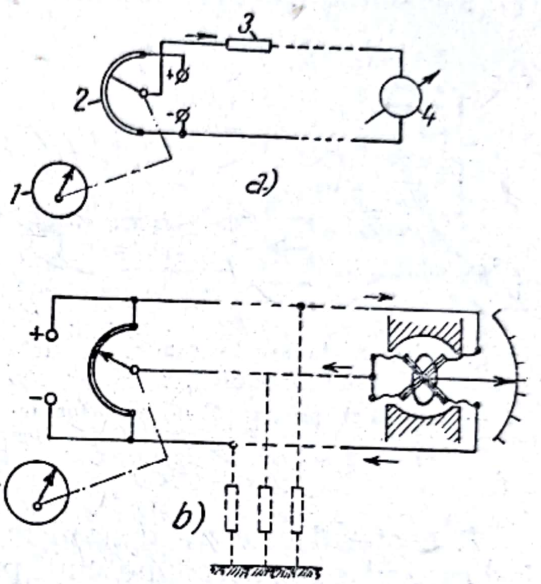


Fig. 4.15. Sisteme de telemăsură:
a — cu traductor rezistiv; *1* — măsurător primar; *2* — traductor rezistiv; *3* — rezistenţă de balast; *4* — aparat receptor. *b* — cu traductor rezistiv şi logometru legat la sistem trefilar.

Sistemele de tensiune au dispozitivul receptor cu rezistenţă mare, care măsoară tensiunea aplicată de emiţător la capătul liniei de telecomunicaţii. Sistemele de transmitere de putere bazate pe tensiune se numesc potenţiometrice şi au un emiţător care transformă mărimea de măsurat în forţă electromotoare de curent continuu şi un receptor de tip potenţiometru automat ale cărui indicaţii sînt echivalente cu mărimea de măsurat. Se elimină erorile datorită variaţiei rezistenţei conductorilor de linie, dar nu se pot elimina erorile datorită micşorării rezistenţei de izolaţie a liniei.

Sistemele de putere (fig. 4.16) folosesc circuite cu conductori fizici, de obicei de tipul cablurilor, care au conductanţa izolaţiei constantă.

Sistemele de telemăsurare, bazate pe impulsuri, şi de frecvenţă se folosesc cu acţiune la distanţă mare, deoarece exclud prin principiul lor influenţa variaţiilor parametrilor liniilor de telecomunicaţii asupra preciziei telemăsurării. Indicaţiile receptorului nu sînt funcţie de amplitudinea impulsurilor.

Metodele de telemăsurare folosite sînt:
— metoda numărului impulsurilor;
— metoda duratei impulsurilor și a fazei impulsurilor;
— metoda frecvenței.

Metoda numărului impulsurilor se bazează pe faptul că fiecărui impuls îi corespunde o fracțiune din mărimea de măsurat și transmiterea se face la variația mărimii de măsurat sau la intervale de timp determinate. Fiecare impuls de curent exprimă, la scară, valoarea mărimii de măsurat. Eroarea depinde de numărul de impulsuri care corespunde valorii nominale a mărimii de măsurat. Trebuie să se emită mai mult de 25 impulsuri pentru ca eroarea să nu depășească $\pm 2\%$ și 50 impulsuri pentru o eroare discretă mai mică de $\pm 1\%$.

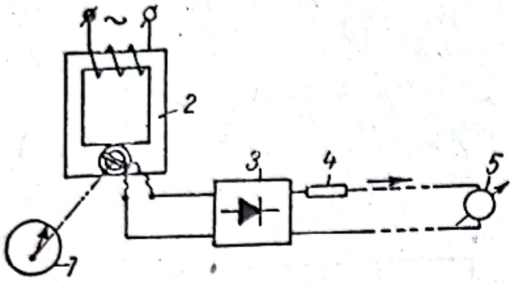


Fig. 4.16. Sisteme de putere cu traductor inductiv:
1 — măsurător primar; *2* — traductor inductiv; *3* — redresor; *4* — rezistență de balast; *5* — aparat receptor.

Receptorul este un mecanism de numărat impulsurile care deplasează indicatorul cu o diviziune cînd primește impulsul.

Se face deosebire între impulsurile de adunare și impulsurile de scădere, schimbînd în cazul transmiterii în curent continuu polaritatea impulsului.

Sistemele cu impulsuri codificate măresc precizia telemăsurii prin mărirea numărului nominal de impulsuri și se bazează pe împărțirea gamei de măsurare în mai multe părți cărora le corespunde o combinație diferită de impulsuri după un cod.

Sistemele de telemăsurare se compun din generatoare de impulsuri, comutatoare automate, montaje de cifrare și de descifrare. Codurile au la bază un număr constant de impulsuri pentru a putea identifica impulsurile parazitare sau impulsurile recepționate. Codificarea mărimii de măsurare se face după coduri în decade sau după coduri binare. La codificarea în decade se transmit grupuri de impulsuri corespunzătoare claselor unităților, zecilor, sutelor etc. La codificarea binară, fiecărui termen din progresia geometrică cu baza doi îi revine un impuls, iar fiecare număr întreg se reprezintă ca suma unor termeni care nu se repetă, a unei progresii geometrice cu baza doi. Se transmit impulsurile corespunzătoare gradelor și se separă impulsurile obținînd codul de transmitere a numărului. Durata impulsurilor este controlată de releele de temporizare. Dispozitivele de codificare sînt fără sau cu transformări electrice la partea emițătoare sau receptoare.

Teleintegrarea se realizează ușor la folosirea metodei de telemăsurare a valorilor efective prin metoda impulsurilor, deoarece la partea receptoare se instalează un contor electromagnetic.

Scanned with OKEN Scanner

Metoda duratei impulsurilor și a fazei impulsurilor se bazează pe variația liniară a duratei impulsului în funcție de mărimea de măsurat, timp în care, perioada impulsului se menține constantă. Transformarea în durată a impulsului se face cu ajutorul dispozitivelor ce se rotesc cu viteză constantă.

Traductoarele de durată a impulsurilor sînt de tipul cu reproducere optică a indicațiilor sau de tipul echilibrării periodice (compensare dinamică).

Receptoarele sistemelor de telemăsurare bazate pe durata impulsurilor măsoară raportul dintre durata impulsului și perioadă, sau raportul dintre durata impulsului și durata pauzei. Receptoarele electrice se bazează pe măsurarea curentului mediu, în cazul cînd frecvența de succesiune a impulsurilor este mare. Receptoarele electromecanice aplicabile la frecvențe mici se bazează pe motorul electric sincron cu reductor și cuplă electromagnetică a pîrghiilor cu came.

Metodele bazate pe frecvență se folosesc pentru măsurarea de la distanță a puterii în curent alternativ. Contorul de energie electrică de inducție dă impulsuri de curent cu frecvența proporțională cu puterea de măsurat, viteza de rotație a discului fiind proporțională cu puterea. Un dispozitiv întrerupător de curent închide și deschide circuitul de linie cu o frecvență maximă de 12—15 Hz. Sînt preferate manipulatoarele de curent fără contacte de tip fotoelectric sau pe principiul variației reacției.

Pentru transformarea curentului continuu slab ce se obține la măsurarea electrică a mărimilor neelectrice în variație a frecvenței impulsurilor se folosesc dispozitive emițătoare echilibrate. Schema se compune din galvanometru diferențial, generator de înaltă frecvență cu cuplaj reglabil între circuitul anodic și cel de grilă, generator de impulsuri de relaxare și un element de reacție care servește ca traductor al frecvenței impulsurilor în curent. Traductorul de reacție este de obicei cu frecvențmetru cu condensatoare și releu, iar curentul mediu care circulă prin înfășurarea galvanometrului diferențial este proporțional cu frecvența impulsurilor trimise în canalul de telecomunicații. Reglarea frecvenței impulsurilor trimise se face de către oscilatorul de înaltă frecvență cu reacție variabilă prin deplasarea unui ecran și un generator de oscilații de relaxare.

Dispozitivele de reacție ale sistemelor bazate pe frecvența impulsurilor (fig. 4.17) sînt receptoare electrice de tip condensator, curentul mediu fiind proporțional cu frecvența de succesiune a impulsurilor.

Se cere ca acul să aibă o amortizare bună, adică echipajul mobil să nu urmeze variațiile instantanee ale curentului.

Schemele în contra timp au avantajul apariției curentului de încărcare de două ori într-o perioadă și deci curentul are o valoare medie dublă față de schema elementară.

Se recomandă să se prevadă un filtru de netezire a formei curentului în circuitul aparatului, format dintr-un lanț de rezistențe legate în serie și capacități legate în paralel.

Scanned with OKEN Scanner

Receptorul se alimentează prin stabilizatorul de tensiune sau se preferă înlocuirea miliampermetrului cu un logometru magnetoelectric. O bobină a logometrului se leagă în circuitul de măsurare a receptorului, iar cealaltă printr-o rezistență adițională la sursa de alimentare.

Sistemele de frecvență de curent alternativ se bazează pe generatoare electronice de oscilații sinusoidale de tip *LC* sau *RC*, care se reglează în funcție de valoarea mărimii de măsurat. Elementul de reglaj este capacitatea, inductanta sau rezistența activă a circuitului oscilant. Se foloseste comanda frecvenței în limitele 10—50% cu ajutorul unui condensator cu capacitate variabilă, legat mecanic cu axul aparatului de măsurat primar. La frecvențe joase comanda frecvenței generatorului se face fără deplasarea mecanică a elementului de acordare, introducînd în schema oscilatorului *RC* un tub electronic drept rezistență, căruia i se aplică pe grilă o tensiune continuă proporțională cu mărimea de măsurat, sau, în schema oscilatorului *LC*, o bobină de reactanță cu miez de fier saturat, care are în înfășurarea de comandă un curent continuu proporțional cu mărimea de măsurat.

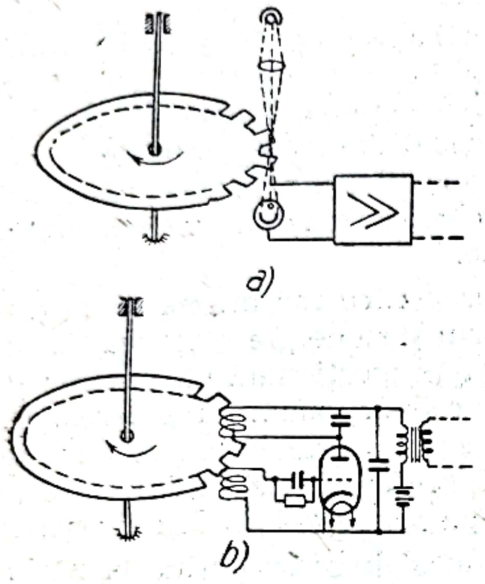


Fig. 4.17. Sisteme de frecvență: *a* — traductor fără contacte bazat pe frecvența impulsurilor și manipularea fotoelectronică a curentului; *b* — traductor fără contacte bazat pe frecvența impulsurilor și variația reacției.

Frecvența trebuie să fie stabilă și de aceea dispozitivul emițător are reacția negativă. Receptoarele sistemelor de frecvență sînt de tipul frecvențmetrelor cu ac indicator sau frecvențmetrelor electronice cu condensator.

La comanda proceselor de încărcare-descărcare a condensatorului în locul releului electromagnetic se folosește un tub electronic. Aparatul receptor este de tip magnetoelectric și se leagă în circuitul condensatorului printr-un redresor de care este șuntat. Se folosește și în acest caz schema în contra timp pentru a compensa tensiunea remanentă din condensator, însă nu mai este indicată folosirea filtrelor de netezire.

Pentru a se aplica pe grila tubului frecvențmetrului oscilații cu amplitudini constante, tensiunea alternativă a semnalului se transformă prin relee de amplitudine și relee electronice în impulsuri cu formă dreptunghiulară de amplitudine constantă. În afară de dispozitivele receptoare cu traducere neechilibrată se folosesc și receptoare de tip echilibrat, bazate pe un cvadripol format din elemente reactive și active, care joacă rolul schemei sensibile la frecvență. Ca organ de acordare se folosește o inductanță sau o capacitate variabilă.

Scanned with OKEN Scanner

4.9. TELECOMANDA ȘI TELESEMNALIZAREA

Telecomanda este transmiterea la distanță a impulsurilor care acționează asupra mecanismelor executoare a instalației comandate, iar telesemnalizarea este transmiterea la distanță a semnalelor privind starea instalației controlate. Pentru transmiterea semnalelor se folosesc metode de selecționare a semnalelor convenționale destinate diferitelor organe executoare. Se deosebesc dispozitive de telecomandă cu mai multe canale (dispozitive de telecomandă cu transmitere simultană a semnalului convențional pe mai multe canale paralele) și dispozitive cu succesiunea în timp a semnalelor (dispozitive cu un singur canal). Dispozitivele cu mai multe canale se folosesc pînă la 1—2 km, iar telecomanda cu un singur canal se utilizează cu circuite fizice sau radiocanale. Semnalul convențional se poate realiza pe principiul trimiterii independente a impulsurilor sau pe principiul combinării tuturor impulsurilor trimise pe baza unui cod, obținînd astfel un număr mai mic de trimiteri de curent.

Dispozitivele de telecomandă cu mai multe canale sînt cu selecțiuni de amplitudine sau cu selecțiuni de polaritate.

Dispozitivele de telecomandă cu un singur canal sînt de tipul cu separarea în timp a semnalelor folosind selecțiune cu distribuitoare sau selecțiune cu codificare. Aceste dispozitive se compun din generatoare de impulsuri cu relee temporizate, distribuitoare cu relee, montaje de cifrare și descifrare ale dispozitivelor de codificare.

Protecția dispozitivelor de telecomandă împotriva semnalelor deformate se realizează avîndu-se în vedere următoarele reguli:

— ordinul deformat nu trebuie executat;
— semnalul transmis trebuie automat repetat dacă a fost deformat;
— defectările dispozitivului trebuie semnalizate operatorului.

Se prevede o protecție numerică a impulsurilor și o protecție împotriva deformării duratei impulsului.

Scanned with OKEN Scanner

5. REGLAREA AUTOMATĂ A PARAMETRILOR ÎN PROCESELE CHIMICE

5.1. INTRODUCERE

În ultimii ani introducerea reglării automate în industria chimică a luat o mare dezvoltare fiind una dintre condiţiile de bază ale ridicării productivităţii muncii şi a creşterii producţiei.

Caracteristicile proceselor chimice moderne şi anume: continuitatea, complexitatea, sensibilitatea ridicată, toxicitatea, coroziunea, pericolul de incendiu şi pericolul de explozie, fac necesară reglarea automată a principalilor parametri care intervin în procesele respective.

Instalaţiile chimice pilot, semiindustriale şi industriale moderne sînt prevăzute cu un mare număr de aparate şi dispozitive dintre cele mai variate, pentru reglarea automată a temperaturii, presiunii, debitului, nivelului, densităţii, umidităţii, viscozităţii, concentraţiei în ioni de hidrogen etc.

Principalele efecte ale reglării automate a parametrilor în procesele chimice sînt:

— productivitatea mai ridicată şi preţul de cost al produselor mai scăzut;

— calitatea mai bună şi mai uniformă a produselor;

— siguranţă mai mare în exploatare atît pentru personal, cît şi pentru instalaţii;

— condiţii mai bune de lucru pentru personalul de deservire al instalaţiilor;

— asigurarea condiţiilor pentru proiectarea optimă a agregatelor, utilajelor şi aparatelor din instalaţii, realizîndu-se importante economii în construcţie, montaj şi exploatare.

Aceste efecte justifică introducerea reglării automate în procesele chimice la un înalt nivel, deşi costul investiţiei faţă de investiţia iniţială poate creşte cu 50% şi chiar mai mult.

5.2. DENUMIRILE ŞI NOŢIUNILE DE BAZĂ ALE REGLĂRII AUTOMATE

Reglarea automată înseamnă menţinerea sau varierea automată a unui parametru al procesului la o valoare sau un interval de valori prestabilite.

Parametrul procesului este mărimea sau proprietatea procesului variabilă în timp.

Scanned with OKEN Scanner

Principalii parametrii care sînt întîlniți frecvent în procesele chimice sînt: temperatura, presiunea, debitul, nivelul, densitatea, umiditatea, viscozitatea, compoziția, concentrația în ioni de hidrogen (*p*H-ul), viteza și accelerația.

Un exemplu de reglare automată îl constituie menținerea la o valoare prestabilită (*H*) a nivelului unui lichid (parametru al procesului) într-un vas, prin variația automată (fără intervenția omului) a debitului de alimentare al vasului, după cum se poate vedea în fig. 5.1.

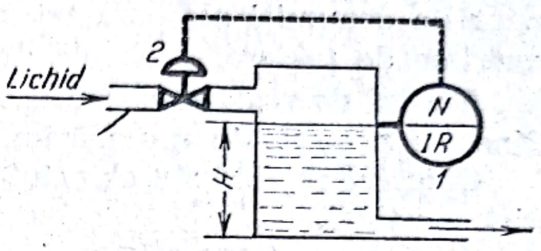


Fig. 5.1. Reglarea automată a nivelului de lichid într-un vas:
1 — regulator de nivel; *2* — ventil de reglare.

Spre deosebire de reglarea automată „*reglarea manuală*" înseamnă menținerea sau varierea cu ajutorul forței omului a unui parametru al procesului la o valoare sau un interval de valori prestabile.

Regulatorul automat, denumit pe scurt regulator, este un aparat sau mecanism care pe de o parte măsoară valoarea unui parametru al procesului, iar pe de altă parte acționează în vederea corectării acestuia la valoarea sau intervalul de valori prestabilite.

Regulatorul automat este deci aparatul sau mecanismul care realizează reglarea automată.

Regulatorul automat de program este un regulator automat care variază în timp un parametru al procesului cu o regularitate prestabilită.

Exemplu: La fabricarea anvelopelor de cauciuc procesul intermediar de vulcanizare al acestora în presele de vulcanizat necesită printre alte operații o reglare automată după program a temperaturii. In spațiul din exteriorul anvelopelor un regulator automat de program menține o temperatură de 135—150°C un timp determinat (de la 45 la 240 min, în funcție de natura și mărimea anvelopelor) prin varierea debitului de abur care alimentează presa, după care urmează o răcire a matriței cu apă rece, timp de circa 15 min. Operațiile se repetă.

Sistemul de reglare automată (circuitul de reglare automată) denumit pe scurt sistem de reglare sau circuit de reglare, este sistemul format din regulatorul automat și procesul sau operația la care se aplică.

Sistemul din fig. 5.1, format din regulatorul de nivel *1* și vasul al cărui nivel de lichid este menținut constant prin varierea automată a debitului de lichid care trece prin ventilul de reglare *2*, constituie un sistem de reglare automată.

Parametrul reglat este parametrul procesului a cărei valoare este măsurată și reglată de către regulatorul automat.

Parametrul reglat este o caracteristică sau proprietate a mediului reglat.

În literatură, parametrul reglat este denumit uneori mărime reglată sau variabilă reglată.

Mediul reglat este procesul, energia sau substanța care cuprinde parametrul reglat.

Scanned with OKEN Scanner

Parametrul de reglare este mărimea sau proprietatea procesului a cărei valoare este modificată de către regulatorul automat pentru a modifica valoarea parametrului reglat.

Parametrul de reglare este o proprietate sau caracteristică a mediului de reglare.

Alte denumiri ale parametrului de reglare întîlnite în literatură sînt: mărime de reglare, variabilă de reglare și mărime de execuție.

Mediul de reglare este procesul, energia sau substanța căreia îi aparține, ca proprietate sau mărime, parametrul de reglare.

Obiectul reglat este obiectul al cărui proces este reglat automat, parțial sau total.

Pentru exemplificare se consideră cazul reglării automate a temperaturii unui lichid la ieșirea dintr-un schimbător de căldură prin varierea debitului de abur de încălzire, după cum se vede în fig. 5.2.

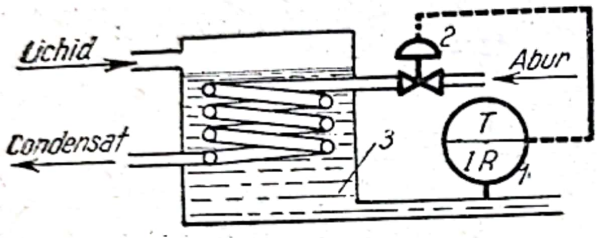


Fig. 5.2. Reglarea automată a temperaturii unui lichid:

1 — regulator de temperatură; 2 — ventil de reglare; 3 — schimbător de căldură.

În exemplul considerat:

— parametrul reglat este temperatura;

— mediul reglat este lichidul care alimentează schimbătorul de căldură;

— parametrul de reglare este debitul de abur de încălzire;

— mediul de reglare este aburul;

— obiectul reglat este schimbătorul de căldură.

Obiectul reglat este caracterizat prin capacitatea sa.

Capacitatea este cantitatea maximă de energie sau substanța conținută în obiectul reglat. Capacitatea este o măsură statică și indică capacitatea obiectului reglat de a înmagazina substanță și energie.

Exemplu: capacitatea volumetrică a unui rezervor deschis este volumul maxim de lichid care poate umple acest rezervor, fără a deversa.

După numărul de capacități, obiectele reglate se împart în: obiecte cu o singură capacitate și obiecte cu mai multe capacități.

Obiectele cu o singură capacitate reprezintă circa 60—70% din totalitatea obiectelor reglate din procesele chimice.

Ca exemplu de obiecte cu o singură capacitate pot fi indicate rezervoarele și vasele la care se reglează nivelul de lichid, aparatele la care se reglează temperatura prin amestecarea a două fluide, aparatele sau porțiunile de conductă în care se reglează presiunea unui fluid, porțiunile de conductă în care se reglează debitul unui fluid etc.

Dintre obiectele cu mai multe capacități, în procesele chimice cele mai răspîndite sînt obiectele cu două capacități. Un exemplu de obiect cu două capacități îl constituie schimbătoarele de căldură.

Scanned with OKEN Scanner

Capacitatea obiectului reglat este de două feluri: capacitatea din partea de alimentare și capacitatea din partea de consum.

Capacitatea din partea de alimentare este cantitatea maximă de substanță sau energie disponibilă în mediul de reglare.

Capacitatea din partea de consum este cantitatea maximă de substanță sau de energie consumată de mediul reglat.

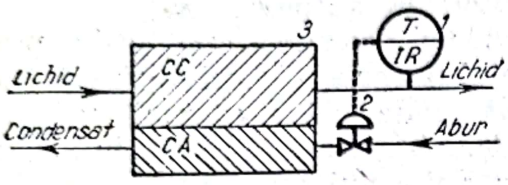


Fig. 5.3. Schimbător de căldură cu capacitatea din partea de consum mare și capacitatea din partea de alimentare mică:

1 — regulator de temperatură; *2* — ventil de reglare; *3* — schimbător de căldură; *CA* — capacitatea din partea de alimentare; *CC* — capacitatea din partea de consum.

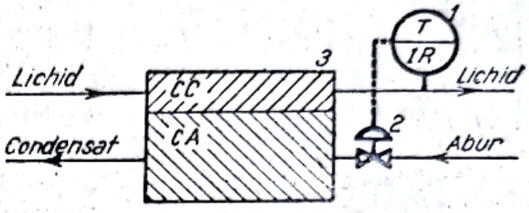


Fig. 5.4. Schimbător de căldură cu capacitatea din partea de alimentare mare și capacitatea din partea de consum mică:

1 — regulator de temperatură; *2* — ventil de reglare; *3* — schimbător de căldură; *CA* — capacitatea din partea de alimentare; *CC* — capacitatea din partea de consum.

Pentru exemplificare se consideră același caz al reglării temperaturii unui lichid la ieșirea dintr-un schimbător de căldură prin varierea debitului de abur de încălzire descris anterior (fig. 5.2).

Capacitatea din partea de alimentare este constituită de capacitatea termică a aburului și a serpentinei prin care circulă aburul, iar capacitatea din partea de consum, de către capacitatea termică a lichidului și rezervorului.

În fig. 5.3 este reprezentat schematic un schimbător de căldură cu capacitatea din partea de consum mare și capacitatea din partea de alimentare mică.

S-a constatat că în cest caz reglarea automată este favorizată.

În fig. 5.4 este reprezentat schematic un schimbător de căldură cu capacitatea din partea de alimentare mare și capacitatea din partea de consum mică.

Reglarea automată a temperaturii este defavorizată în acest caz.

Capacitatea specifică (coeficientul de capacitate) este variația cantității de substanță sau energie din obiectul reglat, corespunzătoare variației cu o unitate a unui parametru de referință. Capacitatea specifică este o mărime dinamică.

Exemplu: capacitatea specifică volumetrică a unui vas umplut cu lichid, în raport cu înălțimea, este variația volumului de lichid raportată la înălțimea acestuia. Deosebirea între capacitatea obiectului reglat și capacitatea specifică a acestuia este evidentă în reprezentarea din fig. 5.5.

Cele două vase *A* și *B* au volumele egale și sînt umplute cu cantități egale de lichid. Capacitățile (volumele maxime de lichid din vase) sînt aceleași, dar capacitățile specifice

volumetrice (variațiile volumului de lichid raportate la înălțimile vaselor) sînt diferite, înălțimile celor două vase fiind diferite.

Încărcarea obiectului (sarcina obiectului) este cantitatea de substanță sau energie care se găsește la un moment dat în obiectul reglat.

Încărcarea obiectului este o proprietate importantă influențînd în mare măsură funcționarea regulatorului automat.

Autoreglarea (autocompensarea) este proprietatea obiectului reglat datorită căreia parametrul reglat tinde către o nouă valoare pînă se modifică încărcarea obiectului, fără participarea regulatorului automat. Autoreglarea influențează favorabil procesul reglării automate.

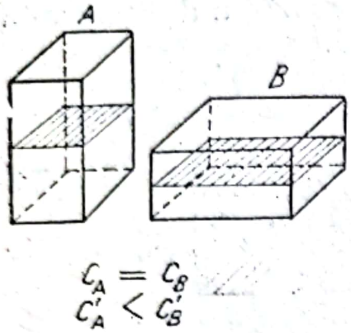


Fig. 5.5. Comparație între capacitatea obiectului reglat și capacitatea specifică a obiectului reglat:

C_A, C_B — capacitatea vasului *A*, respectiv a vasului *B*; C'_A C'_B — capacitatea specifică a vasului *A*, respectiv a vasului *B*.

Exemplu: Într-un rezervor deschis alimentat cu apă și din care aceasta este evacuată printr-un orificiu, dacă debitul apei de alimentare crește, nivelul acesteia se va ridica pînă cînd se restabilește un nou echilibru între debitul de apă de alimentare și cel de evacuare. Dacă apa este evacuată din rezervorul cu debit constant, sistemul nu mai prezintă autoreglare și creșterea debitului apei de alimentare determină creșterea nivelului acesteia pînă la deversare.

Nu toate obiectele reglate prezintă proprietatea de autoreglare. Un exemplu îl constituie un rezervor în care se introduce în mod continuu lichid pe la partea superioară și din care se evacuează continuu cu o pompă cu debit constant. Dacă debitul de alimentare nu este egal cu debitul de evacuare, rezervorul va fi supraumplut sau golit în întregime.

Gradul de autoreglare este variația încărcării obiectului în raport cu variația parametrului reglat, ca urmare a autoreglării.

Exemplu: la variația cu 40% a debitului de alimentare cu un lichid (încărcarea obiectului) a unui rezervor (obiect reglat) dacă nivelul lichidului (parametru reglat) variază cu 10% față de valoarea sa normală, gradul de autoreglare este:

$$q = \frac{\Delta I}{\Delta p} = \frac{40}{10} = 4 .$$

Mărimea perturbantă (perturbația) este o mărime independentă ale cărei variații se exercită la intrarea în sistemul de reglare și provoacă la ieșirea din același sistem și la intrarea în regulatorul automat variații ale parametrului reglat, necesitînd intervenția regulatorului automat pentru a readuce parametrul reglat la valoarea prescrisă.

În mod obișnuit, perturbațiile care acționează asupra obiectelor reglate sînt reprezentate fie de variațiile încărcării obiectului, fie de variațiile valorii prescrise a parametrului reglat.

Natura perturbațiilor care au loc într-un proces este foarte variată. În mod ideal, în proiectarea sistemelor de reglare, ar trebui să fie luate

Scanned with OKEN Scanner

în considerație perturbațiile de tipul celor care au loc în timpul desfășurării normale a procesului respectiv. O asemenea metodă este practic imposibilă, pe de o parte din cauza necunoașterii tuturor felurilor de perturbații care apar în procesul respectiv, și pe de altă parte în cazul cunoașterii acestora ar trebui făcută o statistică.

Metodele folosite în practică pentru proiectarea sistemelor de reglare

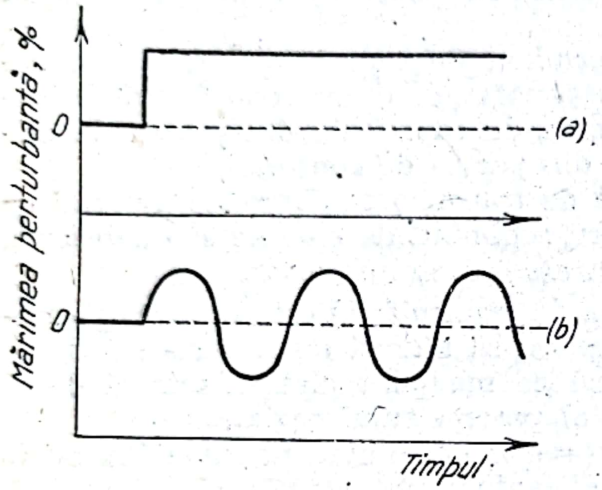


Fig. 5.6. Variația finită și sinusoidală a mărimii perturbante:
a — variație finită; *b* — variație sinusoidală.

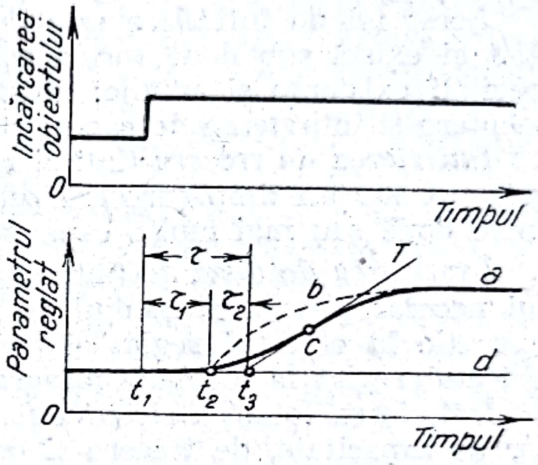


Fig. 5.7. Timpul mort:
τ — timpul mort; τ_1 — timpul mort datorit întîrzierilor de distanță; τ_2 — timpul mort datorit întîrzierilor de capacitate și trecere.

se bazează pe ipoteza că orice perturbație constă din variații finite și variații sinusoidale.

În fig. 5.6 sînt reprezentate grafic, în funcție de timp, variația finită și variația sinusoidală a perturbației.

Timpul mort este perioada de timp dintre variația încărcării obiectului și începerea variației parametrului reglat.

Timpul mort se datorește întîrzierilor care există în sistemele de reglare.

În fig. 5.7 este reprezentată variația parametrului reglat corespunzătoare variației încărcării obiectului avîndu-se în vedere existența timpului mort.

Din figură rezultă că variația parametrului reglat reprezentată de curba *a* nu începe simultan cu variația încărcării obiectului, adică la timpul t_1, ci după un oarecare timp τ corespunzător punctului t_3. Variația parametrului reglat are loc inițial cu o viteză crescîndă pînă la punctul *c* de inflexiune a curbei *a*, după care descrește. Punctul t_3 corespunde intersecției dintre tangenta *T* și dreapta *d* care reprezintă valoarea inițială a parametrului reglat.

Curba *b* reprezintă variația parametrului reglat în absența timpului mort. În practică însă nu există sisteme de reglare fără întîrzieri și din această cauză variația parametrului reglat prezintă timp mort.

Întîrzierile exprimă efectele de frînare şi încetineală care caracterizează dinamica sistemelor de reglare şi constituie unul dintre fenomenele nedorite ale acestora.

Întîrzierile sînt de trei feluri şi anume: întîrzieri de capacitate, întîrzieri de trecere şi întîrzieri de distanţă.

Întîrzierea de capacitate se datoreşte faptului că este necesar un timp oarecare pentru acumularea şi restituirea energiei sau substanţei în obiectul reglat.

Acest fel de întîrziere este determinat de capacitatea obiectului reglat şi există sub două forme corespunzătoare celor două feluri de capacităţi existente şi anume: întîrzierea de capacitate din partea de alimentare şi întîrzierea de capacitate din partea de consum.

Întîrzierea de trecere (întîrzierea de transfer) se datoreşte faptului că este necesar un timp oarecare pentru schimbul de energie sau substanţă între două sau mai multe capacităţi ale obiectului reglat.

Întîrzierea de distanţă (întîrzierea de transmitere) este datorită timpului necesar pentru ca mediul de reglare să ajungă de la dispozitivul de execuţie la obiectul reglat şi pentru ca mediul reglat să ajungă de la obiectul reglat la locul de măsurat al parametrului reglat.

Întîrzierea totală a sistemului de reglare este evident suma întîrzierilor de capacitate, de trecere şi de distanţă.

În procesele chimice cele mai mari întîrzieri le au sistemele de reglare în care este reglată temperatura, iar cele mai mici, cele în care este reglat debitul.

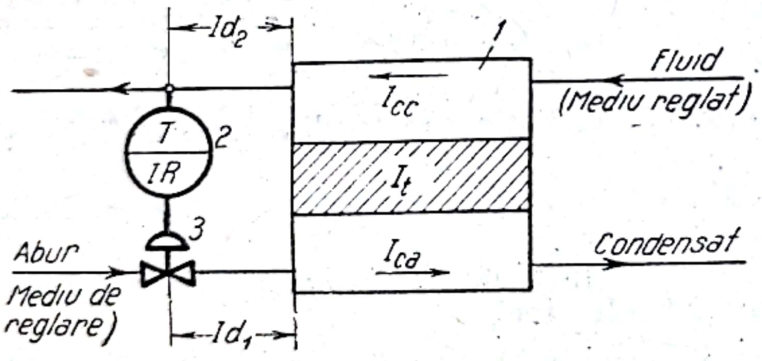


Fig. 5.8. Întîrzierile într-un sistem de reglarea temperaturii:

I_{ca} — întîrziere de capacitate din partea de alimentare; I_{cc} — întîrziere de capacitate din partea de consum; I_t — întîrziere de trecere (de tranziţie); Id_1, Id_2 — întîrzieri de distanţă (de transmitere); 1 — schimbător de căldură; 2 — regulator de temperatură; 3 — ventil de reglare.

Pentru exemplificare, în fig. 5.8 este reprezentată schema unui sistem de reglare a temperaturii cu întîrzierile de capacitate, de trecere şi distanţă. Sistemul constă dintr-un schimbător de căldură şi un regulator de temperatură, care reglează temperatura unui fluid la ieşirea din schimbător prin varierea debitului de abur în conducta de intrare.

Revenind la fig. 5.7., timpul mort $\tau = \tau_1 + \tau_2$, τ_1 este timpul mort datorit întîrzierilor de distanţă şi τ_2 timpul mort datorit întîrzierilor de capacitate şi trecere.

Timpul mort τ_1 corespunde diferenţei de timp $t_2 - t_1$, t_2 este punctul limită pînă la care parametrul reglat nu variază cu toate că s-a produs o variaţie a încărcării obiectului.

Scanned with OKEN Scanner

Timpul mort τ_2 corespunde diferenței de timp t_3-t_2, t_3 este punctul de intersecție al dreptei d cu tangenta T dusă în punctul de inflexiune c al curbei a.

Referitor la valoarea parametrului reglat se utilizează frecvent următoarele denumiri: valoarea reglată și valoarea prescrisă.

Valoarea reglată este valoarea parametrului reglat pe care regulatorul automat o menține în mod efectiv în condițiile de lucru. Această valoare este măsurată de către aparatul de măsurat al regulatorului.

Valoarea prescrisă (valoarea fixată, valoarea de control, valoarea dorită) este valoarea parametrului reglat care este de dorit a fi menținută constantă sau variată cu o anumită regularitate de către regulatorul automat.

Abaterea (deviația) este diferența între valoarea reglată la un moment dat și valoarea prescrisă a parametrului reglat.

Abaterea are semnul plus cînd valoarea reglată este mai mare decît valoarea prescrisă și semnul minus cînd este mai mică decît aceasta. De obicei, abaterea este exprimată în procente față de valoarea prescrisă.

Exemplu: la reglarea temperaturii unui fluid valoarea prescrisă este de +50°C, iar valoarea reglată la un moment dat este +55°C. Abaterea este +55 — 50 = +5°C, sau în procente față de valoarea prescrisă: +10%.

Dacă scara regulatorului este +50...+200°C, abaterea este +2,5% față de valoarea maximă a scării.

Există mai multe feluri de abateri și anume: abatere trecătoare, abatere permanentă și abatere admisibilă.

Abatere trecătoare este abaterea care urmează unei perturbații și este amortizată în timp.

Abatere permanentă este abaterea corespunzătoare stării de echilibru a valorii reglate.

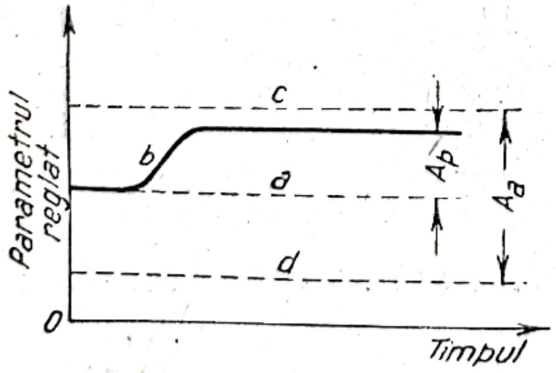


Fig. 5.9. Abaterea permanentă și abaterea admisibilă:

A_p — abatere permanentă; A_a — abatere admisibilă; *a* — valoarea prescrisă; *b* — valoarea reglată; *c* — valoarea reglată maximă admisibilă; *d* — valoarea reglată minimă admisibilă.

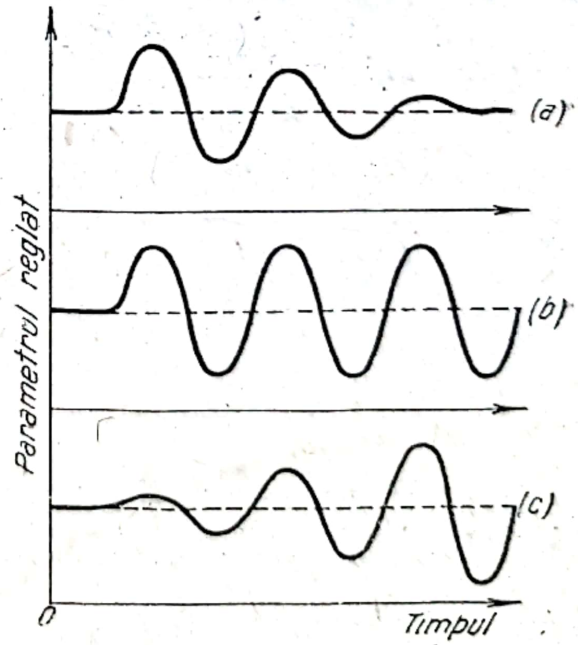


Fig. 5.10. Oscilații:

a — oscilație cu amplitudine descrescîndă (amortizată); *b* — oscilație cu amplitudine constantă; *c* — oscilație cu amplitudine crescîndă.

Abatere admisibilă este diferența admisibilă între valoarea reglată la un moment dat și valoarea prescrisă a parametrului reglat.

Abaterea admisibilă depinde de natura şi proprietăţile procesului.

În fig. 5.9 sînt reprezentate abaterea permanentă şi abaterea admisibilă.

Abaterea admisibilă este exprimată de obicei în procente faţă de valoarea maximă a scării regulatorului.

Oscilaţia este variaţia periodică a parametrului reglat. Poate avea amplitudine descrescîndă (amortizată), constantă sau crescîndă după cum se poate vedea din fig. 5.10.

Oscilaţia cu amplitudine constantă sau crescîndă este de nedorit pentru un sistem de reglare, deoarece menţine sau amplifică efectele negative ale apariţiei perturbaţiilor.

Intervalul de insensibilitate este intervalul în interiorul căruia variaţia valorii parametrului reglat nu determină nici o acţiune de reglare. Este denumit adeseori zonă de insensibilitate, zonă neutră sau zonă moartă.

Intervalul de insensibilitate este exprimat de obicei în procente din intervalul de proporţionalitate.

În fig. 5.11 este reprezentat grafic intervalul de insensibilitate. Cînd curba *c* care reprezintă variaţia parametrului reglat se află în interiorul intervalului *I*, nu are loc nici o acţiune de reglare.

Intervalul de proporţionalitate este intervalul de valori ale parametrului reglat care determină variaţia parametrului de reglare de la zero pînă la 100%, deci deplasarea elementului de execuţie dintr-o poziţie extremă la cealaltă.

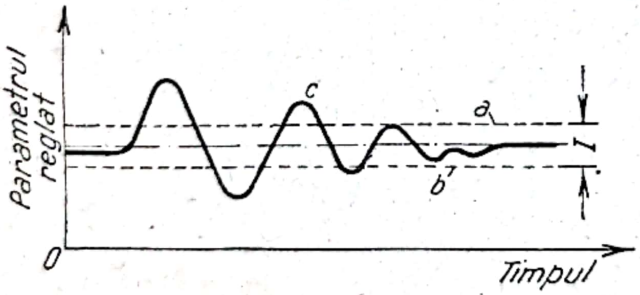


Fig. 5.11. Intervalul de insensibilitate:
I — intervalul de insensibilitate; *a* — valoarea maximă; *b* — valoarea minimă; *c* — valoarea reglată.

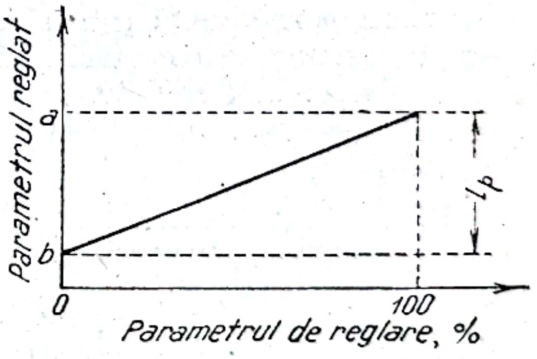


Fig. 5.12. Intervalul de proporţionalitate:
I_p — intervalul de proporţionalitate; *a* — valoarea reglată maximă; *b* — valoarea reglată minimă.

Alte denumiri folosite sînt: interval de sensibilitate, zonă de reglare, zonă de proporţionalitate, grad de neuniformitate.

Intervalul de proporţionalitate este exprimat în procente sau în unităţi alè parametrului reglat.

În fig. 5.12 este reprezentat grafic intervalul de proporţionalitate.

Scanned with OKEN Scanner

Din figură rezultă că atunci cînd parametrul reglat are valoarea *b*, parametrul de reglare are valoarea 0% (elementul de execuție este complet închis) și atunci cînd parametrul reglat are valoarea *a*, parametrul de reglare are valoarea 100% (elementul de execuție este complet deschis).

Intervalul de proporționalitate este o caracteristică deosebit de importantă pentru regulatoarele automate.

Regulatoarele folosite în mod curent în procesele chimice au intervalul de proporționalitate de 150%. S-au construit regulatoare la care valoarea acestuia ajunge la 650% sau chiar mai mult.

Exemplu: un regulator de temperatură are intervalul de proporționalitate de 150%. Aceasta înseamnă că elementul de execuție se deplasează dintr-o poziție extremă la cealaltă, cînd valoarea parametrului reglat variază cu 150%, sau cu alte cuvinte o variație a parametrului reglat cu 1% va determina o deplasare a elementului de execuție cu 1/150 din cursa lui.

Analiza matematică a sistemelor de reglare și regulatoarelor automate se face luînd în considerare doi parametri și anume: parametrul de intrare și parametrul de ieșire.

Parametrul de intrare este mărimea sau proprietatea ale cărei variații au loc la intrarea în sistemul de reglare sau regulatorul automat și constituie cauza variațiilor unei alte mărimi sau proprietăți care se află la ieșirea din sistemul de reglare sau regulatorul automat.

Parametrul de ieșire este mărimea sau proprietatea ale cărei variații au loc la ieșirea din sistemul de reglare sau regulatorul automat și constituie efectul variațiilor unei alte mărimi sau proprietăți care se află la intrarea în sistemul de reglare sau regulatorul automat.

În fig. 5.13 este reprezentată schema generală a unui sistem de reglare, sub o formă simplificată frecvent întîlnită în literatură.

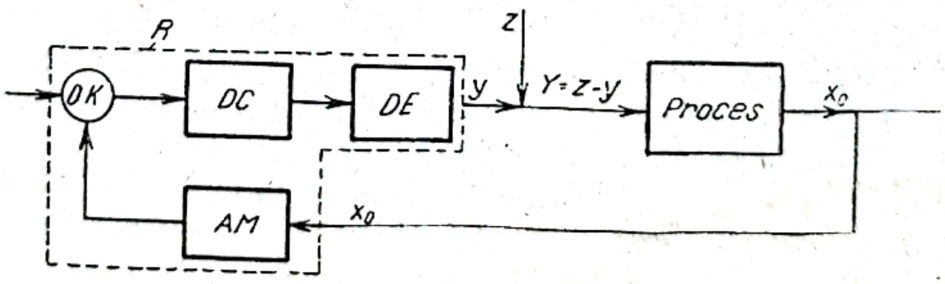


Fig. 5.13. Schema sistemului de reglare:
AM — aparat de măsurat; *DK* — dispozitiv de comparare; *DC* — dispozitiv de comandă; *DE* — dispozitiv de execuție; *R* — regulator automat.

Parametrul de intrare al regulatorului automat este parametrul reglat x_0, iar parametrul de ieșire, parametrul de reglare y. Dacă alegem ca exemplu reglarea automată a nivelului de lichid într-un vas prin varierea corespunzătoare a debitului de lichid care alimentează vasul (v. fig. 5.1),

parametrul de intrare al regulatorului automat de nivel este nivelul reglat, iar parametrul de ieşire, debitul lichidului care alimentează vasul.

Parametrul de intrare al sistemului de reglare este diferenţa $Y=z-y$ dintre mărimea perturbată z şi parametrul de reglare y, iar parametrul de ieşire este parametrul reglat x_0.

În exemplul anterior parametrul de intrare al sistemului de reglare al nivelului este debitul de lichid care alimentează vasul şi parametrul de ieşire nivelul reglat.

Sistemele de reglare sînt de două feluri şi anume: sisteme de reglare cu circuit deschis şi sisteme de reglare cu circuit închis.

Sistemul de reglare cu circuit deschis este sistemul de reglare la care parametrul de ieşire nu are nici un efect asupra parametrului de intrare.

Exemplu: un dispozitiv care închide şi deschide automat din timp în timp un ventil electric instalat pe conducta de alimentare cu lichid a unui rezervor. Nivelul lichidului din rezervor nu are nici un efect asupra debitului de lichid care alimentează rezervorul.

Sistemul de reglare cu circuit închis este sistemul de reglare la care parametrul de intrare este o funcţie de parametrul de ieşire.

Exemplu: la reglarea nivelului de lichid al unui vas prin varierea automată a debitului de alimentare (v. fig. 5.1), variaţiile nivelului de lichid (parametrul de ieşire) determină cu ajutorul regulatorului automat variaţii corespunzătoare ale debitului de lichid care alimentează rezervorul (parametrul de intrare). La rîndul lor variaţiile debitului lichidului de alimentare determină variaţiile nivelului de lichid din rezervor.

Reacţia este acţiunea regulatorului rezultată în urma apariţiei în proces a unei perturbaţii şi se exprimă prin variaţia în timp a parametrului de ieşire corespunzătoare variaţiei parametrului de intrare. În mod similar, ca în cazul perturbaţiilor, pentru simplificare se consideră reacţia unui sistem de reglare sau a unui regulator ca fiind formată din variaţii finite şi sinusoidale.

Acţiunea de reglare este o acţiune generală care arată relaţia dintre valoarea abaterii parametrului reglat şi valoarea parametrului de reglare.

Acţiunea de reglare poate fi continuă şi discontinuă.

Acţiunea de reglare continuă este acţiunea de reglare la care parametrul reglat este o funcţie continuă de abaterea parametrului reglat.

Acţiunea de reglare discontinuă este acţiunea de reglare la care parametrul reglat este o funcţie discontinuă de abaterea parametrului reglat.

Din categoria regulatoarelor automate cu acţiune continuă fac parte regulatorul cu acţiune proporţională, proporţională şi integrală, proporţională şi derivativă, şi proporţională integrală şi derivativă, iar din categoria regulatoarelor automate cu acţiune discontinuă face parte regulatorul cu două poziţii şi cel cu mai multe poziţii.

Scanned with OKEN Scanner

5.3. MODUL DE FUNCȚIONARE AL REGULATOARELOR AUTOMATE

Analizînd funcționarea regulatoarelor automate este necesar să se deosebească cele două tipuri de operații de reglare automată existente și anume:

1. Reglarea automată propriu-zisă, la care valoarea prescrisă a parametrului reglat este constantă, iar încărcarea este variabilă. Perturbația este constituită de variația încărcării.

2. Reglarea automată după program, la care valoarea prescrisă a parametrului reglat este variabilă și încărcarea este constantă. Perturbația este constituită de variația valorii prescrise.

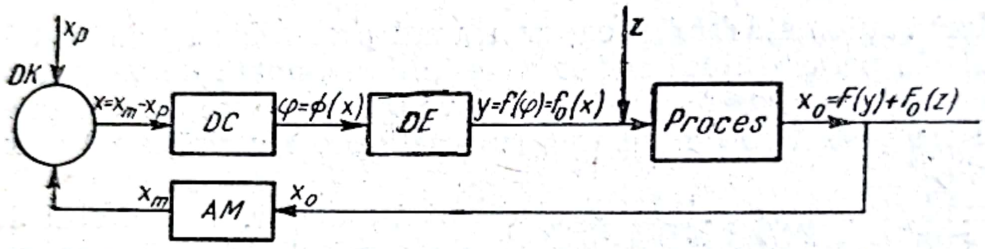


Fig. 5.14. Schema generală a unui sistem de reglare:
AM — aparat de măsurat; *DK* — dispozitiv de comparare; *DC* — dispozitiv de comandă; *DE* — dispozitiv de execuție.

În fig. 5.14 este reprezentată schema generală a unui sistem de reglare.

Reglarea automată a unui proces decurge în modul următor:

Ca urmare a apariției în proces a unei variații z a încărcării are loc o variație a parametrului reglat x_0, care este recepționată de aparatul de măsurat *AM* și transmisă sub forma indicației x_m dispozitivului de comparare *DK*. Acest dispozitiv compară valoarea x_m cu valoarea prescrisă a parametrului reglat x_p și transmite dispozitivului de comandă *DC* diferența acestor valori $x=x_m-x_p$ La reglarea automată propriu-zisă x_p este constant. În practică se consideră $x_0=x_m$, deci $x=x_0-x_p$ S-a definit anterior diferența $x=x_0-x_p$ abatere. Dispozitivul de comandă transmite dispozitivului de execuție *DE* un impuls φ, care este o funcție de valoarea abaterii: $\varphi=\varphi(x)$.

Dispozitivul de execuție imprimă o variație y a valorii parametrului de reglare readucînd valoarea x_0 la o valoare apropiată de x_p. Variația parametrului de reglare este funcție de impulsul φ:

$$y=f(\varphi)=f_0(x).$$

Cînd $x_0 \cong x_m=x$, $x=0$ și funcționarea regulatorului automat încetează.

Natura impulsului φ este determinată de natura energiei externe sau interne folosite (presiunea unui gaz comprimat la regulatoarele pneumatice, presiunea unui lichid la regulatoarele hidraulice, tensiunea curentului electric în regulatoarele electrice etc.).

Variaţia parametrului reglat x_0 este funcţie de parametrul de reglare y şi de mărimea perturbantă z:

$$x_0 = F(y) + F_0(z).$$

Ecuaţiile:

$$y = f(\varphi) = f_0(x) \tag{5.1}$$

şi

$$x_0 = F(y) + F_0(z) \tag{5.2}$$

exprimă matematic situaţia din sistemul de reglare şi permit calculul teoretic al acestuia.

Reglarea automată după program a unui proces decurge în modul următor: variaţia parametrului reglat x_0 este determinată de variaţia în conformitate cu un program prestabilit a valorii prescrise x_p a parametrului reglat. Spre deosebire de reglarea automată propriu-zisă, $z=0$ şi x_p =variabil.

În mod similar, ca şi în cazul discutat anterior, dispozitivul de comparaţie DK transmite dispozitivului de comandă DC abaterea $x=x_m - x_p = x_0 - x_p$ şi acesta din urmă transmite dispozitivului de execuţie DE un impuls φ. Dispozitivul de execuţie determină o variaţie a parametrului de reglare y readucînd valoarea x_0 la o valoare apropiată de x_p.

Ecuaţia (5.1) exprimă acţiunea de reglare a regulatorului automat şi prezintă deosebită importanţă în construcţia şi exploatarea regulatoarelor automate şi proiectarea sistemelor de reglare.

Există trei tipuri de acţiuni de reglare şi anume:

— reglarea proporţională (reglarea P) bazată pe ecuaţie:

$$y = \frac{1}{\alpha} x + C_1 \tag{5.3}$$

— reglarea integrală (reglarea I) bazată pe ecuaţia:

$$y = \beta \int_0^t x\, dt + C_2 \tag{5.4}$$

şi

— reglarea derivativă (reglarea D) bazată pe ecuaţia:

$$y = \gamma \frac{dx}{dt} + C_3, \tag{5.5}$$

în care:

t este timpul;

α, β, γ — constante;

C_1, C_2, C_3 — constante de integrare.

Constanta α notată frecvent în literatură $x_p = \alpha$, poartă denumirea de interval de proporționalitate.

Valoarea inversă a constantei β se denumește timpul acțiunii integrale și se notează:

$$T_n = \frac{1}{\beta}.$$

Constanta γ coincide cu timpul acțiunii derivative și se notează în literatură $T_v = \gamma$.

La regulatoarele frecvent utilizate în procesele chimice, constantele x_p, T_n și T_v au următoarele valori:

$x_p = 1\text{–}650\,\%$ (de obicei 1–150 %),
$T_n = 6\text{–}1\,800$ s,
$T_v = 0{,}6\text{–}1\,200$ s.

Acțiunile de reglare bazate pe ecuațiile (5.3), (5.4) și (5.5) pot fi folosite fiecare în parte (cu excepția acțiunii de reglare derivativă) sau combinate sub forma acțiunilor multiple.

Acțiunile multiple (combinate) utilizate în procesele chimice sînt:

— Acțiunea de reglare proporțională și integrală (*PI*), bazată pe ecuația:

$$y = \frac{1}{\alpha} x + \beta \int_0^t x\,dt + C_4. \qquad (5.6)$$

— Acțiunea de reglare proporțională și derivativă (reglarea *PD*) bazată pe ecuația:

$$y = \frac{1}{\alpha} x + \gamma \frac{dx}{dt} + C_5. \qquad (5.7)$$

— Acțiunea de reglare proporțională, integrală și derivativă (reglarea *PID*):

$$y = \frac{1}{\alpha} x + \beta \int_0^t x\,dt + \gamma \frac{dx}{dt} + C_6 \qquad (5.8)$$

în care C_4, C_5, C_6 sînt constante de integrare.

5.4. CLASIFICAREA REGULATOARELOR AUTOMATE

În procesele chimice, datorită complexității acestora, se utilizează o gamă variată de regulatoare automate.

Principalele criterii de clasificare a regulatoarelor automate sînt: parametrul reglat, energia auxiliară, acțiunea de reglare, montajul și modul de redare al valorilor măsurate.

Scanned with OKEN Scanner

După parametrul reglat, regulatoarele automate se clasifică în:
— regulatoare de temperatură;
— regulatoare de presiune;
— regulatoare de debit;
— regulatoare de nivel;
— regulatoare de umiditate;
— regulatoare de raport de debit;
— regulatoare de compoziţie;
— regulatoare de pH etc.

După energia auxiliară folosită pentru acţionare, regulatoarele automate sînt de două feluri:
— regulatoare autoacţionate (cu acţiune directă) care nu folosesc pentru acţionare energie auxiliară şi
— regulatoare servoacţionate (cu acţiune indirectă), care folosesc pentru acţionare energia auxiliară.

Regulatoarele servoacţionate se clasifică la rîndul lor după felul energiei auxiliare în:
— regulatoare pneumatice (care folosesc ca energie auxiliară presiunea unui gaz);
— regulatoare hidraulice (care folosesc ca energie auxiliară presiunea unui lichid);
— regulatoare electrice (care folosesc ca energie auxiliară tensiunea curentului electric);
— regulatoare electropneumatice (care folosesc ca energie auxiliară tensiunea curentului electric şi presiunea unui gaz);
— regulatoare electrohidraulice (care folosesc ca energie auxiliară tensiunea curentului electric şi presiunea unui lichid).

După acţiunea de reglare, regulatoarele automate se împart în:
— regulatoare cu acţiune discontinuă, la care parametrul de reglare este o funcţie discontinuă de abatere;
— regulatoare cu acţiune continuă, la care parametrul de reglare este o funcţie continuă de abatere.

Regulatoarele cu acţiune de reglare discontinuă sînt de două feluri:
— regulatoare cu două poziţii şi
— regulatoare cu mai multe poziţii.

Regulatoarele cu acţiune de reglare continuă se clasifică în:
— regulatoare cu acţiune proporţională (regulatoare *P*);
— regulatoare cu acţiune integrală (regulatoare *I*);
— regulatoare cu acţiune proporţională şi integrală (regulatoare *PI*);
— regulatoare cu acţiune proporţională şi derivativă (regulatoare *PD*);
— regulatoare cu acţiune proporţională, integrală şi derivativă (regulatoare *PID*).

Ecuaţiile care exprimă acţiunile de reglare au fost expuse anterior la paragraful 5.3.

Scanned with OKEN Scanner

Din punctul de vedere al montajului regulatoarele automate se clasifică în:

— regulatoare locale (instalate la locul de reglare);
— regulatoare de distanță (instalate la o distanță oarecare de locul de reglare, de exemplu, la tablou sau pe perete).

După modul de redare al valorilor reglate, regulatoarele automate pot fi clasificate în:

— indicatoare;
— înregistratoare;
— integratoare;
— indicatoare și înregistratoare;
— indicatoare și integratoare și
— indicatoare, înregistratoare și integratoare.

În mod obișnuit, în exploatare, regulatoarele automate se denumesc după felul energiei auxiliare și parametrul reglat, ca de exemplu regulator pneumatic de temperatură, regulator hidraulic de debit etc.

În proiectare, regulatoarele automate se denumesc după felul energiei auxiliare, parametrul reglat și acțiunea de reglare, ca de exemplu: regulator electric de presiune cu acțiune proporțională etc.

5.5. ELEMENTELE CONSTRUCTIVE ALE REGULATOARELOR AUTOMATE

În cazul general un regulator automat este format din punct de vedere functional dintr-un aparat de măsurat, un dispozitiv de comparare, un dispozitiv de comandă, un dispozitiv de execuție și legăturile dintre ele, acestea fiind arătate schematic în fig. 5.15.

Din punct de vedere constructiv la un regulator automat se deosebesc de obicei trei părți: elementul primar al aparatului de măsurat, regulatorul propriu-zis (care cuprinde aparatul de măsurat, dispozitivul de comparare și dispozitivul de comandă) și dispozitivul de execuție.

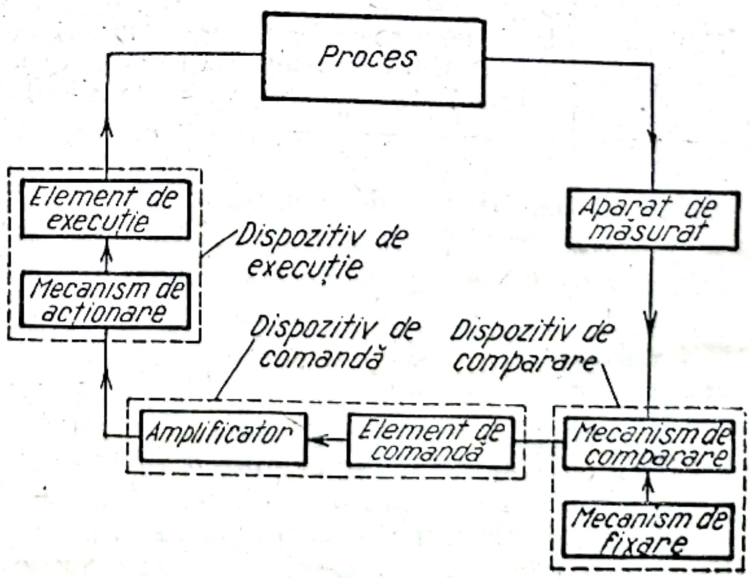


Fig. 5.15. Elementele constructive ale unui regulator automat.

5.5.1. **Aparatele de măsurat** folosite în construcția regulatoarelor automate prezintă deosebită importanță, măsurarea constituind baza oricărei reglări automate. Din această cauză perfecționarea re-

gulatoarelor impune ca o condiţie esenţială perfecţionarea aparatului de măsurat respectiv.

Aparatele de măsurat care intră în componenţa regulatoarelor diferă după parametrul reglat (temperatură, presiune, debit, nivel, *p*H, umiditate etc.) şi după tipul regulatorului automat (autoacţionat sau servoacţionat).

În tabela 5.1 sînt indicate principalele aparate de măsurat folosite în construcţia regulatoarelor automate.

Tabela 5.1.

Aparatele de măsurat folosite în construcţia regulatoarelor automate

Parametrul reglat	Aparatul de măsurat	Parametrul reglat	Aparatul de măsurat
Temperatura	Termometru manometric Termometru cu rezistenţă Termometru cu termocuplu Termometru cu tijă de dilatare	Debitul fluidelor	Debitmetru cu diafragmă şi manometru diferenţial cu membrană
Presiunea	Manometru cu arc elicoidal sau spiral Manometru cu tub Burdon Manometru cu burduf metalic (silfon) Manometru cu membrană metalică	Nivelul lichidelor	Nivelmetru cu plutitor Manometru diferenţial cu flotor şi mercur Manometru diferenţial cu balanţă inelară Manometru diferenţial cu membrană metalică
Debitul fluidelor	Debitmetru cu diafragmă şi manometru diferenţial cu flotor şi mercur Debitmetru cu diafragmă şi manometru diferenţial cu balanţă inelară	Umiditatea	Higrometru cu fir de păr
		Compoziţia gazelor	Analizor cu raze infraroşii Analizor magnetic
		Concentraţia în ioni de hidrogen (*p*H-ul)	*p*H-metru cu electrod de sticlă sau calomel şi potenţiometru electronic

5.5.2. **Dispozitivele de comparare** ale regulatoarelor automate cuprind: mecanismul de comparare şi mecanismul de fixare.

Mecanismul de comparare compară valoarea reglată, măsurată cu aparatul de măsurat, cu valoarea prescrisă şi transmite diferenţa acestor valori dispozitivului de comandă.

În fig. 5.16 este reprezentat schematic un mecanism de comparare al unui regulator modern, pneumatic. Tirantul *1*, acţionat de către aparatul de măsurat, determină deplasarea indicatorului *2* al valorilor reglate prin intermediul pîrghiei *3* şi al axului *4*. Deplasarea tirantului *1* determină de asemenea rotirea pînghiei de impuls *5* în raport cu axul *6*, prin intermediul pîrghiei *3*, axului *4* şi braţelor de pîrghie *7* şi *8*. Tirantul *9* se deplasează în sus sau în jos acţionînd corespunzător asupra dispozitivului de comandă. Rotirea pîrghiei *5* în raport cu axul *6* determină de-

Scanned with OKEN Scanner

plasarea indicatorului *10* al valorilor prescrise (indicator de control) prin intermediul braţului de pîrghie *11*.

Cînd indicatorul *2* este în acelaşi plan cu indicatorul *10* axul care trece prin ştiftul *13* (de conexiune a tirantului *9* cu mijlocul pîrghiei de impuls 5) se află de asemenea în acelaşi plan vertical şi tirantul *9* este imobil.

Deplasarea tirantului *9* şi deci acţionarea dispozitivului de comandă are loc numai atunci cînd indicatorul *2* nu coincide cu indicatorul *10*,

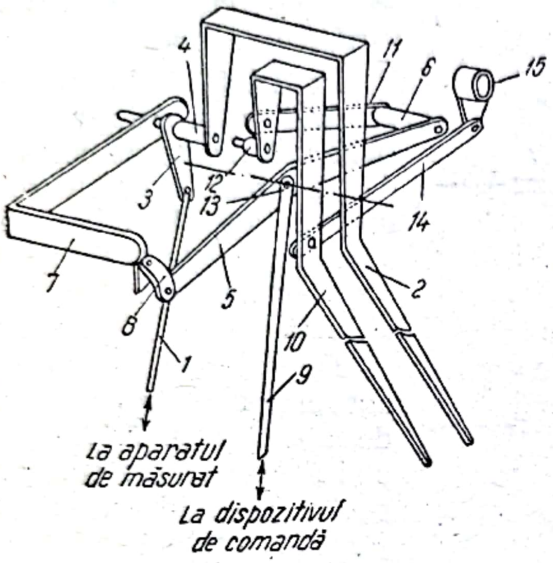


Fig. 5.16. Mecanism de comparare al unui regulator pneumatic.

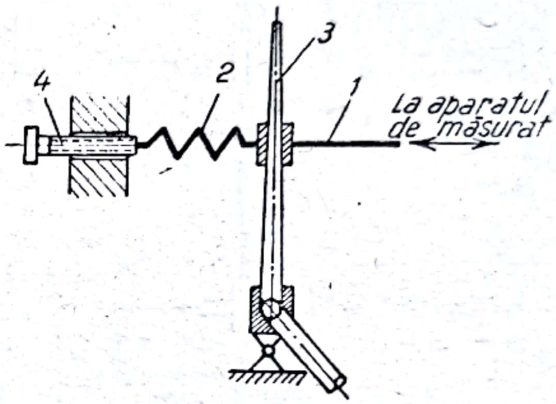


Fig. 5.17. Mecanism de comparare al unui regulator hidraulic:
1 — tijă; *2* — arc; *3* — ejector; *4* — şurub pentru fixarea valorii prescrise.

deci atunci cînd există o abatere între valoarea parametrului reglat şi valoarea prescrisă. Braţul de pîrghie *14* este conectat la mecanismul pentru fixarea valorii prescrise prin butonul *15*.

În fig. 5.17 este reprezentat schematic un mecanism de comparare de o construcţie mai simplă utilizat la regulatoarele hidraulice cu ejector. Mecanismul este constituit din tija *1* conectată la aparatul de măsurat şi arcul *2* reglabil. Mecanismul compară valoarea reglată transmisă de către tija *1* cu valoarea prescrisă determinată prin contrapresiunea arcului *2*.

Mecanismele de comparare electrice se construiesc sub trei forme: întrerupător cu contact, rezistenţă reglabilă şi regulatoare de inducţie. Cele mai răspîndite sînt mecanismele cu rezistenţe reglabile datorită robusteţei şi preţului scăzut al acestora.

Mecanismul de fixare serveşte la fixarea valorii prescrise a parametrului reglat.

Mecanismul de fixare există separat numai la regulatoarele de program. La regulatoarele propriu-zise valoarea prescrisă este fixată cu ajutorul unor butoane, şuruburi, braţe de pîrghii etc., incluse în mecanismele de comparare. Mecanismele de fixare ale regulatoarelor de program au rolul de a deplasa indicatorul de control, conform unui program prestabilit.

Scanned with OKEN Scanner

Aceste mecanisme vor fi descrise ulterior, cu ocazia descrierii reglării după program.

5.5.3. **Dispozitivele de comandă** ale regulatoarelor automate cuprind elementul de comandă şi amplificatorul.

Elementul de comandă acţionează asupra dispozitivului de acţionare în raport cu abaterea parametrului reglat.

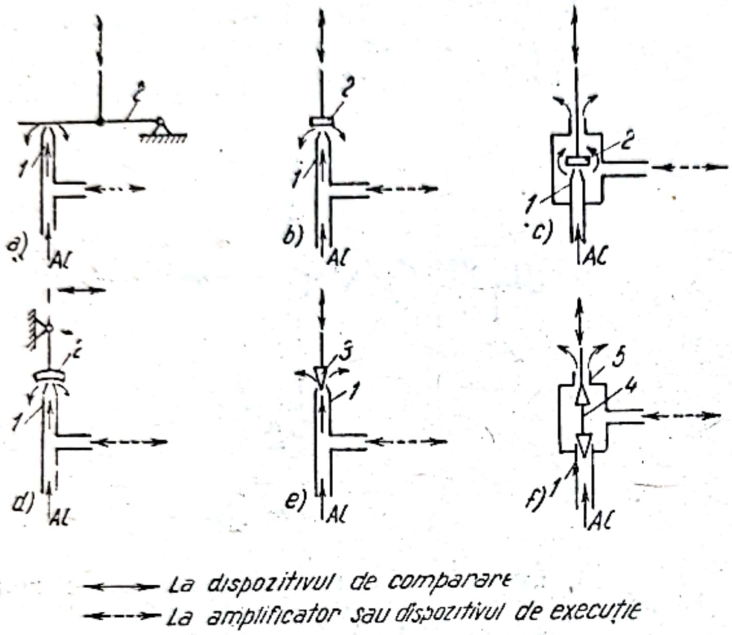


Fig. 5.18. Elemente de comandă pentru regulatoarele pneumatice:

1 — ajutaj; *2* — obturator; *3* — ventil cu ac; *4* — ventil dublu cu ac; *5* — orificiu de evacuare; *AC* — aer comprimat.

În fig. 5.18 sînt reprezentate schematic principalele elemente de comandă pentru regulatoarele pneumatice. Funcţionarea acestora este similară, deşi construcţia lor este diferită.

Depărtarea, respectiv apropierea obturatorului de ajutaj (fig. 5.18, *a*, *b*, *c* şi *d*) sau închiderea, respectiv deschiderea ajutajului de către ventilul cu ac simplu (*e*) sau dublu (*f*) acţionate de dispozitivul de comparare, determină variaţia presiunii aerului comprimat care merge sau vine de la amplificator.

Spre deosebire de elementele de comandă din fig. 5.18, *a*, *b*, *c*, *d* şi *e* la care presiunea aerului comprimat creşte prin apropierea obturatorului, respectiv ventilului cu ac (*e*), la elementul de comandă (*f*) presiunea aerului scade cînd ventilul dublu cu ac închide ajutajul *1* (ventilul deschizînd în acelaşi timp orificiul de evacuare 5) şi invers.

La regulatoarele de construcţie mai simplă, lipsite de amplificator, impulsurile de presiune exercitate de elementul de comandă sînt transmise direct dispozitivului de execuţie.

Dintre elementele de comandă reprezentate în fig. 5.18 cea mai largă utilizare în construcţia regulatoarelor automate pneumatice o are tipul *a*.

Diametrul interior al ajutajului are valoarea cuprinsă între 0,4 şi 0,5 mm.

În fig. 5.19 sînt reprezentate schematic principalele elemente de comandă ale regulatoarelor hidraulice.

Tipul *a* este unul dintre cele mai utilizate. Uleiul sub presiune (1,5—5 kgf/cm^2) trece din ejectorul *1* prin canalul *2* sau *3* de o parte sau de cealaltă a pistonului amplificatorului, sau în lipsa acestuia, a pistonului dispozitivului de execuţie. Deplasarea ejectorului *1* este determinată de dispozitivul de comparare.

În cazul tipului *b* (ajutaj cu obturator) funcţionarea elementului de comandă este similară cu a celor folosite la regulatoarele pneumatice (v. fig. 5.18, *a*, *b*, *c* şi *d*). Variaţiile de presiune ale uleiului rezultate în urma deplasării obturatorului 5, cuplat la dispozitivul de comparare, sînt transmise amplificatorului.

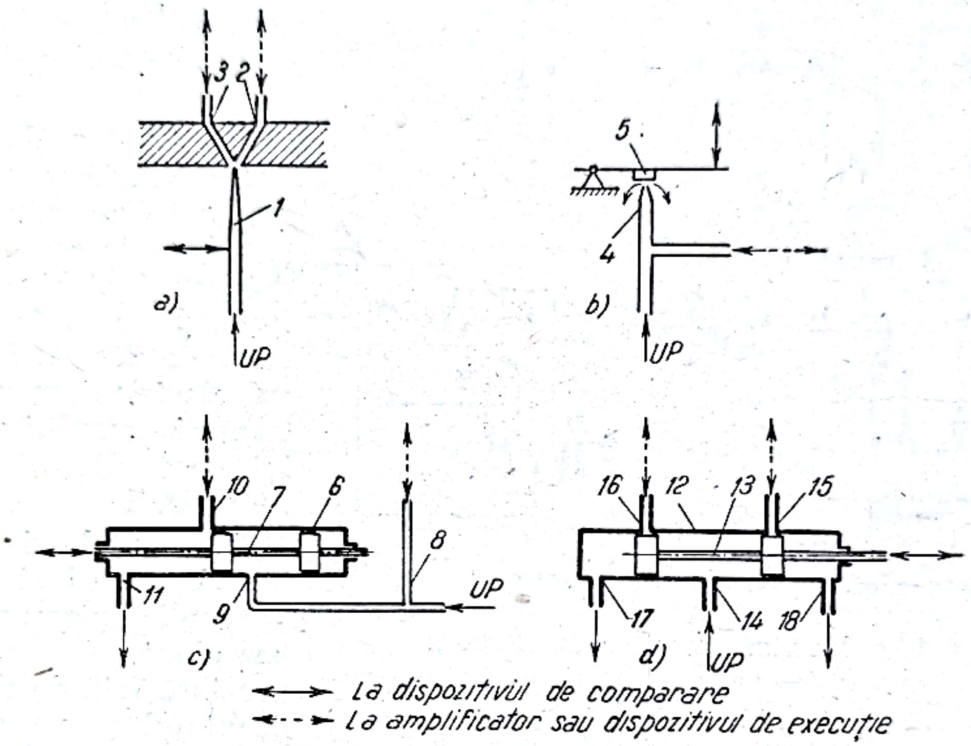


Fig. 5.19. Elemente de comandă pentru regulatoarele hidraulice:
1 — ejector; *2*, *3*, *11*, *17*, *18* — canale de evacuare; *4* — ajutaj; *5* — obturator; *6*, *12* — cilindru; *7*, *13* — piston dublu; *8*, *9*, *10*, *15*, *16* — canale de trecere; *14* — canal de admisie; *UP* — ulei sub presiune.

Elementele de comandă cu cilindru, piston dublu şi un singur canal de trecere la amplificator sau dispozitivul de execuţie (*c*) funcţionează în modul următor: cînd pistonul 7 se află în poziţia reprezentată pe schemă, uleiul sub presiune care trece prin canalul *8* acţionează permanent asupra unei părţi a pistonului amplificatorului sau dispozitivului de execuţie.

Uleiul din partea cealaltă a piştonului amplificatorului sau dispozitivului de execuţie trece prin canalele *10* şi *11* la recirculare.

Cînd dispozitivul de comparare determină deplasarea pistonului dublu 7 la stînga, canalul *10* se deschide permiţînd uleiului sub presiune care trece prin canalul *9* în cilindru să treacă prin canalul *10* şi să acţioneze de partea cealaltă a pistonului amplificatorului sau dispozitivului de execuţie.

Elementul de comandă cu cilindru, piston dublu şi două canale de trecere (*d*) funcţionează pe acelaşi principiu. Deplasarea pistonului dublu *13* sub acţiunea dispozitivului de comparare determină trecerea uleiului sub

presiune prin canalul *15* sau *16* şi în consecinţă creşterea presiunii pe o parte sau cealaltă a pistonului amplificatorului sau dispozitivului de execuţie.

Principalele elemente de comandă electrice sînt reprezentate în fig. 5.20. Tipurile *a*, *b*, şi *c* sînt foarte cunoscute fiind aplicate şi la semnalizările optice şi acustice.

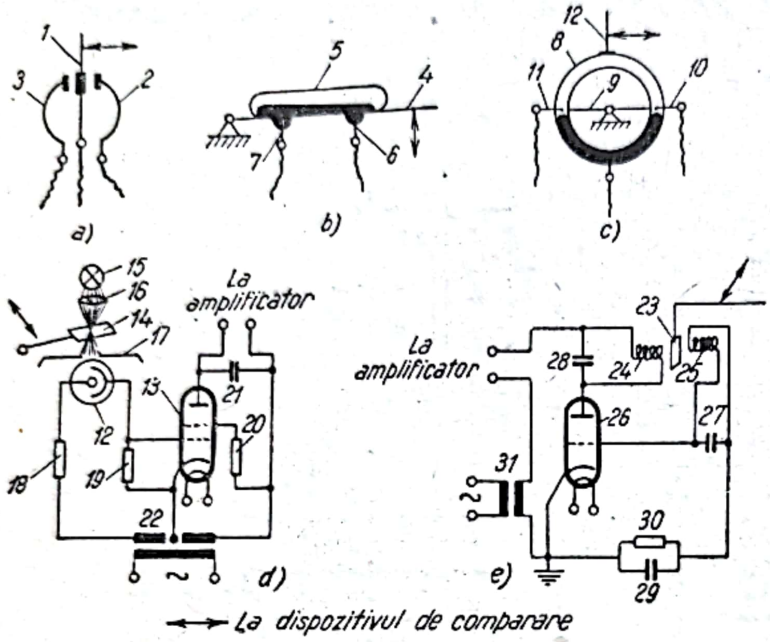


Fig. 5.20. Elemente de comandă electrice:
1 — lamă de contact; *2* — contact de maxim mobil; *3* — contact de minim mobil; *4, 9* — pîrghie; *5* — tub de sticlă; *6, 10* — contact de maxim; *7, 11* — contact de minim; *8* — tub inelar; *12* — tijă pentru tipul *c* şi celulă fotoelectrică pentru tipul *d*; *13, 26* — lampă amplificatoare; *14* — obturator; *15* — lampă; *16* — lentilă; *17* — blendă; *18* — rezistenţă de protecţie; *19, 20, 30* — rezistenţă; *21, 27, 28, 29* — condensator; *22, 31* — transformator; *23* — placă metalică; *24, 25* — bobină de inducţie.

La tipul *a*, deplasarea lamei de contact *1*, acţionată de către dispozitivul de comparare, determină stabilirea unuia dintre cele două contacte *2* şi *3*. Impulsul electric format este transmis amplificatorului sau dispozitivului de execuţie.

Elementele de contact de tipul *b* şi *c* (denumite întreruptoare basculante cu mercur) prezintă faţă de tipul *a* avantajul neoxidării contactelor electrice. Stabilirea unuia dintre cele două contacte este determinată de deplasarea pîrghiei *4* (tipul *b*) sau a tijei *12* (tipul *c*).

Elementul de contact cu celulă fotoelectrică (*d*) funcţionează în modul următor: la iluminarea completă a celulei fotoelectrice *12* curentul anodic al lămpii amplificatoare *13* are practic valoarea zero. Cînd obturatorul *14* acţionat de către dispozitivul de comparare micşorează cantitatea de lumină care cade asupra celulei *12*, curentul anodic capătă o valoare oarecare corespunzătoare deplasării obturatorului.

Variaţiile de curent electric create sînt transmise amplificatorului.

Elementul de comandă cu inducţie (*e*) funcţionează în modul următor: placa de aluminiu *23* acţionată de către dispozitivul de comparare schimbă prin deplasarea sa inductivitatea bobinelor de inducţie *24* şi *25*, ceea ce are ca efect variaţia curentului anodic al lămpii amplificatoare *26*. Variaţiile de curent electric sînt transmise amplificatorului.

Amplificatorul, denumit adeseori releu secundar, măreşte energia disponibilă la elementul de comandă şi o aplică dispozitivului de execuţie.

Dispozitivele de comandă ale regulatoarelor automate de construcţie simplă nu au amplificatoare. În acest caz, cantitatea de energie necesară

pentru acţionarea dispozitivului de execuţie este mult mai mare, iar la regulatoarele automate pneumatice şi hidraulice funcţionarea dispozitivului de execuţie se face cu întîrziere. Introducerea în dispozitivul de comandă a amplificatorului are rolul remedierii acestor neajunsuri.

Există o gamă variată de amplificatoare pneumatice, hidraulice şi electrice, construcţia acestora diferind în special după felul energiei externe folosite.

În fig. 5.21 este reprezentat schematic un amplificator pneumatic de tipul cel mai cunoscut. Cînd presiunea aerului deasupra burdufului metalic dublu 7 creşte, ca urmare a acţiunii elementului de comandă, burduful 7 se comprimă, iar obturatorul 2 deschide ajutajul 1 şi închide orificiul de evacuare 4.

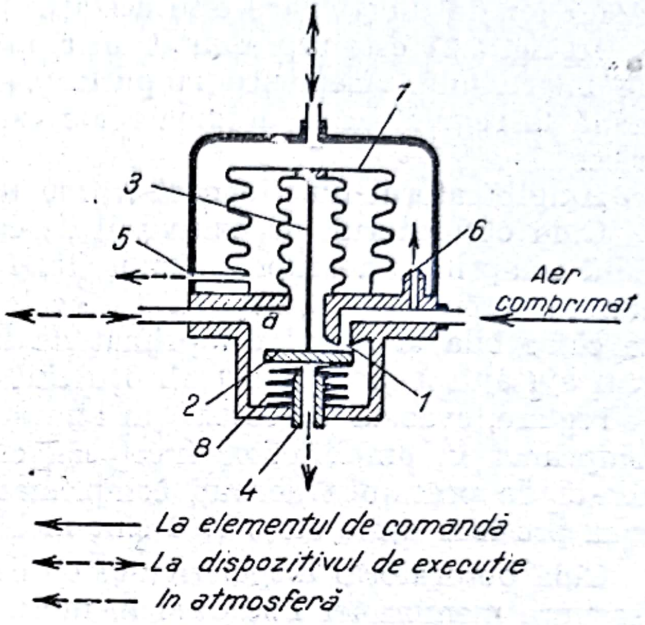


Fig. 5.21. Amplificator pneumatic:
1, 6 — ajutaj; *2* — obturator; *3* — tijă; *4, 5* — orificiu de evacuare; *7* — burduf metalic dublu; *8* — arc.

Presiunea aerului comprimat în camera *a* creşte şi este transmisă dispozitivului de execuţie.

Burduful metalic dublu 7 prin dimensionarea celor două burdufe care-l compun asigură amplificarea forţei aerului comprimat care acţionează asupra dispozitivului de execuţie.

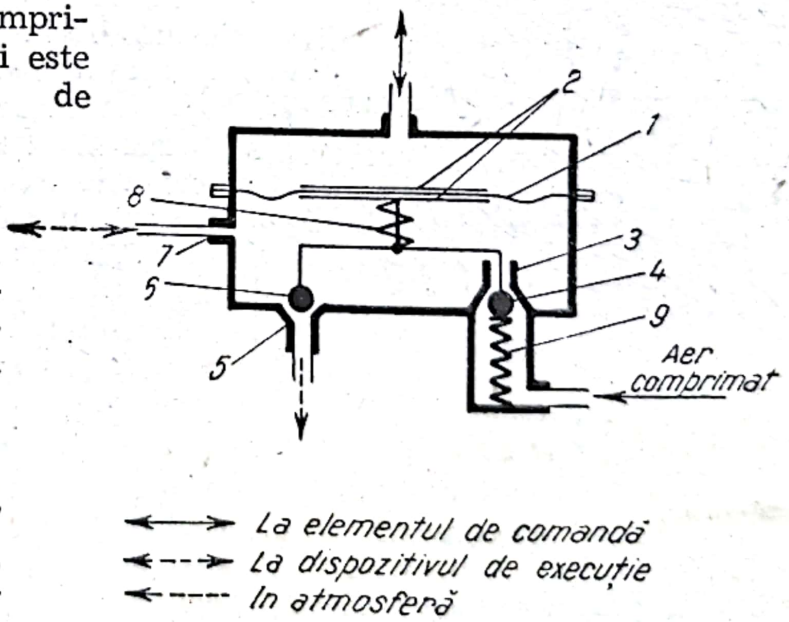


Fig. 5.22. Amplificator pneumatic:
1 — membrană de cauciuc; *2* — disc de alamă; *3* — ajutaj de admisie; *4, 6* — bilă; *5* — ajutaj de evacuare; *7* — orificiu de evacuare; *8, 9* — arc.

Cînd presiunea aerului deasupra burdufului 7 scade, acesta se destinde, obturatorul 2 închide ajutajul 1 şi deschide ajutajul 4. Presiunea în camera *a* scade, aerul fiind evacuat prin orificiul de evacuare 4, dispozitivul de execuţie recepţionînd impulsul respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

Ajutajul *6* serveşte pentru admisia aerului comprimat la elementul de comandă, iar orificiul de evacuare *5* pentru evacuarea aerului din interiorul burdufului metalic *7*.

Deşi construcţia amplificatoarelor pneumatice utilizate diferă, principiul lor de funcţionare este acelaşi.

În fig. 5.22 este reprezentat un amplificator pneumatic de o construcţie interesantă. Asemenea amplificatoare sînt folosite în industria germană la regulatoarele automate ale căror aparate de măsurat sînt electrice.

Amplificatorul funcţionează în modul următor:

Cînd obturatorul dispozitivului de comandă este închis, presiunea aerului comprimat deasupra membranei *1* creşte, deplasarea acesteia determinînd deschiderea ajutajului *3* de către bila *4* şi închiderea ajutajului *5* de către bila *6*. Aerul comprimat de la filtru pătrunde în amplificator prin ajutajul *3* şi ajunge prin orificiul *7* deasupra membranei ventilului de reglare, evacuarea acestuia în atmosferă fiind închisă. Admisia aerului comprimat în amplificator încetează cînd presiunea acestuia este echilibrată de presiunea aerului comprimat de la ajutaj (la echilibrul celor două presiuni ajutajele *3* şi *5* sînt închise).

Cînd obturatorul dispozitivului de comandă este deschis, presiunea de deasupra membranei *1* scade şi membrana *1* se deplasează în sus. Ajutajul *3* este închis de către bila *4*, iar ajutajul *5* este deschis de către bila *6*. Aerul de deasupra membranei ventilului de reglare, care intră în amplificator prin orificiul *7*, este evacuat în atmosferă prin ajutajul *5* pînă la echilibrarea celor două presiuni de deasupra şi dedesubtul membranei *1*.

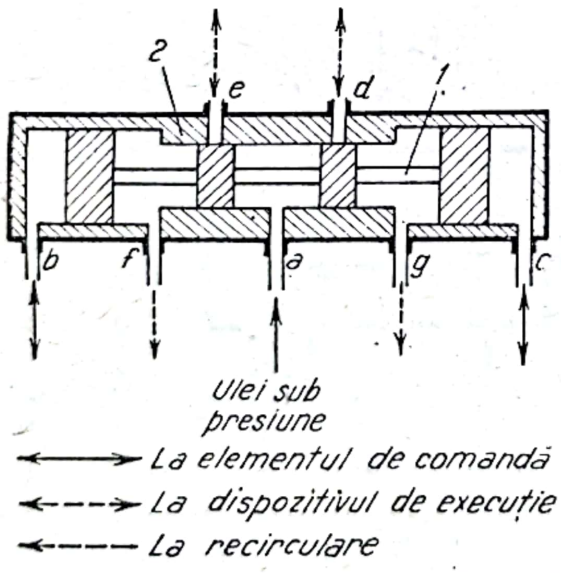


Fig. 5.23. Amplificator hidraulic:
1 — piston; *2* — cilindru.

Amplificatorul hidraulic reprezentat în fig. 5.23 este unul din tipurile cele mai frecvent utilizate în construcţia regulatoarelor hidraulice moderne.

Cînd elementul de comandă determină deplasarea pistonului *1* de exemplu spre dreapta, uleiul sub presiune de la pompă intră în cilindrul *2* prin canalul *a* şi iese din acesta prin canalul *d* acţionînd asupra dispozitivului de execuţie. De la dispozitivul de execuţie uleiul este readus în cilindru prin canalul *e* şi de aici trece prin canalul *f* la un rezervor în vederea recirculării.

Cînd pistonul *1* se deplasează spre stînga, uleiul de la pompă intră în cilindrul *2* prin acelaşi canal *a* şi trece prin canalul *e* la dispozitivul de execuţie. Uleiul de la dispozitivul de execuţie intră în cilindru prin canalul *d* şi este evacuat prin canalul *g*.

Scanned with OKEN Scanner

Prin urmare, uleiul de la elementul de comandă nu acţionează direct asupra dispozitivului de execuţie, ci are numai rolul de a deplasa pistonul *1*.

Presiunea uleiului care acţionează asupra dispozitivului de execuţie este mai mare decît aceea a uleiului care acţionează asupra pistonului *1* prin canalele *b* şi *c*, secţiunile canalelor *c* şi *d* fiind mai mari decît secţiunile de trecere ale elementelor de comandă (ejector, ajutaj, cilindru cu piston).

Construcţia altor tipuri de amplificatoare hidraulice nu este mult diferită de a celui reprezentat în fig. 5.23.

Amplificatoarele electrice sînt utilizate în construcţia regulatoarelor automate electrice, deoarece tensiunea electrică reprezentînd impulsurile dispozitivului de comparare este foarte mică şi nu poate acţiona dispozitivul de execuţie.

Principalele tipuri de amplificatoare electrice sînt: amplificatoarele electronice, amplificatoarele cu tuburi ionice (tiratroane), amplificatoarele magnetice (transductoare) şi reductoarele cu comandă prin grilă.

Schemele acestor amplificatoare sînt aceleaşi ca pentru circuitele de comandă electrice.

Amplificatoarele electronice se utilizează pentru puteri pînă la 40—60 W, cele cu tuburi ionice pentru puteri mai mari de 60 W pînă la cîţiva kW, iar amplificatoarele magnetice de la cîţiva waţi la cîţiva kilowaţi. Redresoarele se utilizează pentru puteri mari (1—100 kW).

5.5.4. **Dispozitivele de execuţie,** denumite adeseori dispozitive de acţionare, constituie ultima parte constructivă a regulatorului automat şi sînt formate dintr-un mecanism de acţionare şi un organ de execuţie.

Mecanismul de acţionare (servomotorul) primeşte impulsurile de energie de la dispozitivul de comandă şi deplasează corespunzător organul de execuţie.

În construcţia regulatoarelor automate se foloseşte o gamă variată de mecanisme de acţionare pneumatice, hidraulice şi electrice.

În fig. 5.24 sînt reprezentate schematic cele mai răspîndite mecanisme de acţionare cu membrană.

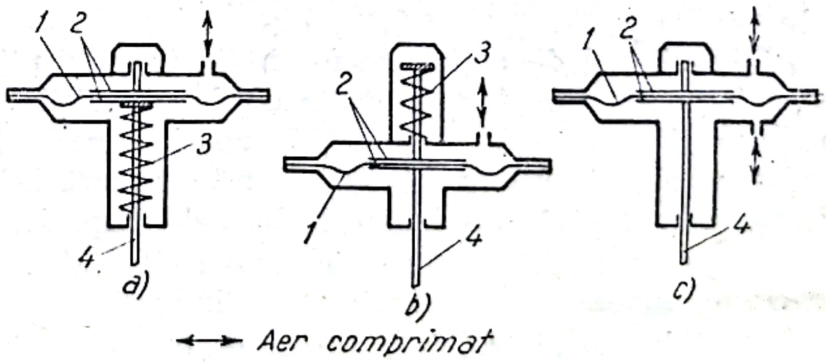


Fig. 5.24. Mecanisme de acţionare cu membrană:
1 — membrană; *2* — disc; *3* — arc; *4* — tijă.

Mecanismul de acţionare cu membrană şi arc (*a*) este tipul cel mai utilizat în construcţia regulatoarelor automate. Aerul comprimat sau uleiul cu presiune de la dispozitivul de comandă acţionează asupra membranei *1* deplasînd în sus sau în jos tija *4* conectată cu organul de exe-

cuție. Forța exercitată de presiunea fluidului este compensată de forța exercitată de arcul reglabil 3. Fiecărei valori a presiunii exercitate de fluid asupra membranei îi corespunde o anumită poziție a tijei 4. Mecanismul de acționare prezentat în fig. 5.24, *b*, cu arcul montat deasupra membranei, funcționează similar.

Mecanismul de acționare cu membrană fără arc (*c*) este de o construcție mai simplă și necesită pentru funcționare o presiune mai mică a fluidului. Fluidul cu presiune acționează asupra ambelor fețe ale membranei. Poziția tijei 4 este determinată de diferența dintre cele două presiuni care acționează asupra fețelor membranei *1*.

Presiunea folosită pentru acționarea mecanismelor de acționare cu membrană este cuprinsă între 1,1 și 1,5 kgf/cm² pentru aer și 3—5 kgf/cm² pentru ulei.

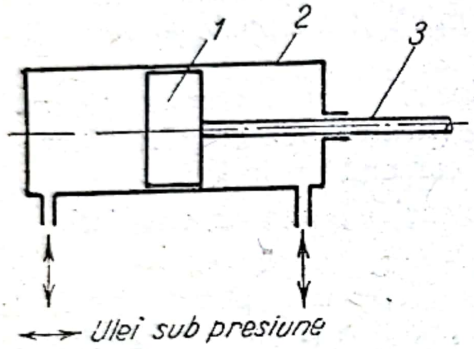


Fig. 5.25 Mecanism de acționare cu cilindru și piston:
1 — piston; *2* — cilindru; *3* — tijă.

Membranele sînt confecționate din cauciuc natural, cauciuc sintetic sau piele.

În fig. 5.25 este reprezentat un mecanism de acționare cu cilindru și piston. Acesta este acționat mai frecvent cu ulei și mai rar cu aer comprimat.

Fluidul de la dispozitivul de comandă acționează asupra pistonului *1* deplasîndu-l corespunzător. Tija *3* este conectată la organul de execuție.

Presiunea fluidului care acționează un asemenea mecanism este de circa 5 kgf/cm² în cazul folosirii uleiului și 6 kgf/cm² în cazul folosirii aerului.

În fig. 5.26 sînt reprezentate două tipuri de mecanisme de acționare electrice.

Mecanismul de acționare magnetic (*a*) este utilizat de obicei în construcția regulatoarelor automate cu două poziții. Deplasarea miezului feromagnetic *2* este determinată de apariția, respectiv întreruperea curentului electric în bobina *1*. Tija *3* este conectată la organul de execuție. Bornele bobinei *1* sînt legate la bornele dispozitivului de comandă.

Mecanismul de acționare reprezentat în fig. 5.26, *b* nu este altceva decît un motor electric de tipul cu inducție.

Două borne ale bobinei *5* sînt conectate la dispozitivul de comandă, iar celelalte două la rețea prin condensatorul 7. Inelul feromagnetic *4* se rotește într-un sens sau în altul, după faza curentului electric de la dispozitivul de comandă. Tija *6* rigidizată cu inelul *4* este conectată la organul de execuție direct sau prin intermediul unor pîrghii.

Mecanismele de acționare cu motoare electrice prezintă dezavantajul unor turații mari ceea ce implică adeseori folosirea angrenajelor de reducere.

Scanned with OKEN Scanner

Sînt utilizate ca mecanisme de acţionare electrice, în afara celor expuse, toate tipurile de motoare electrice cunoscute (general normal, amplidină, rototrol şi regulex).

Organul de execuţie (elementul de reglaj) modifică valoarea parametrului de reglare fiind în contact direct cu mediul de reglare.

Organele de execuţie există sub diferite forme constructive în funcţie de construcţia mecanismului de acţionare şi de particularităţile mediului de reglare.

În fig. 5.27 sînt reprezentate o serie de organe de execuţie frecvent folosite în construcţia dispozitivelor de execuţie.

Robinetele cu un scaun cu ventil conic (*a*) sau cu ventil plat (*b*), au o largă utilizare în special la regulatoarele cu două poziţii. Dezavantajul principal al acestor ventile constă în faptul că sînt influen-

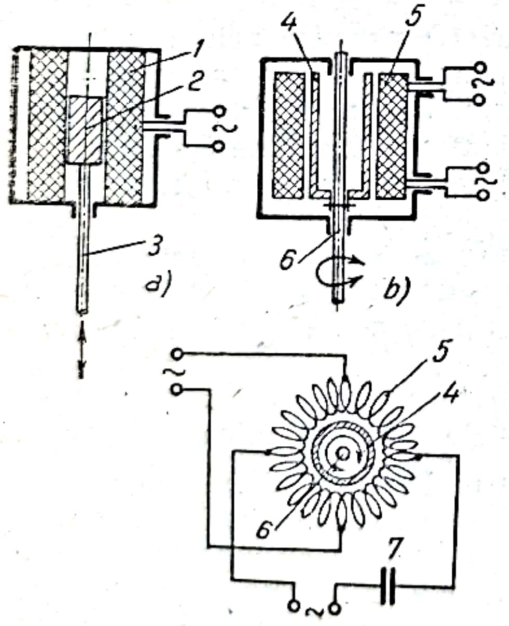


Fig. 5.26. Mecanisme de acţionare electrice:

1, 5 — bobină; *2, 4* — miez feromagnetic; *3, 6* — tijă; *7* — condensator.

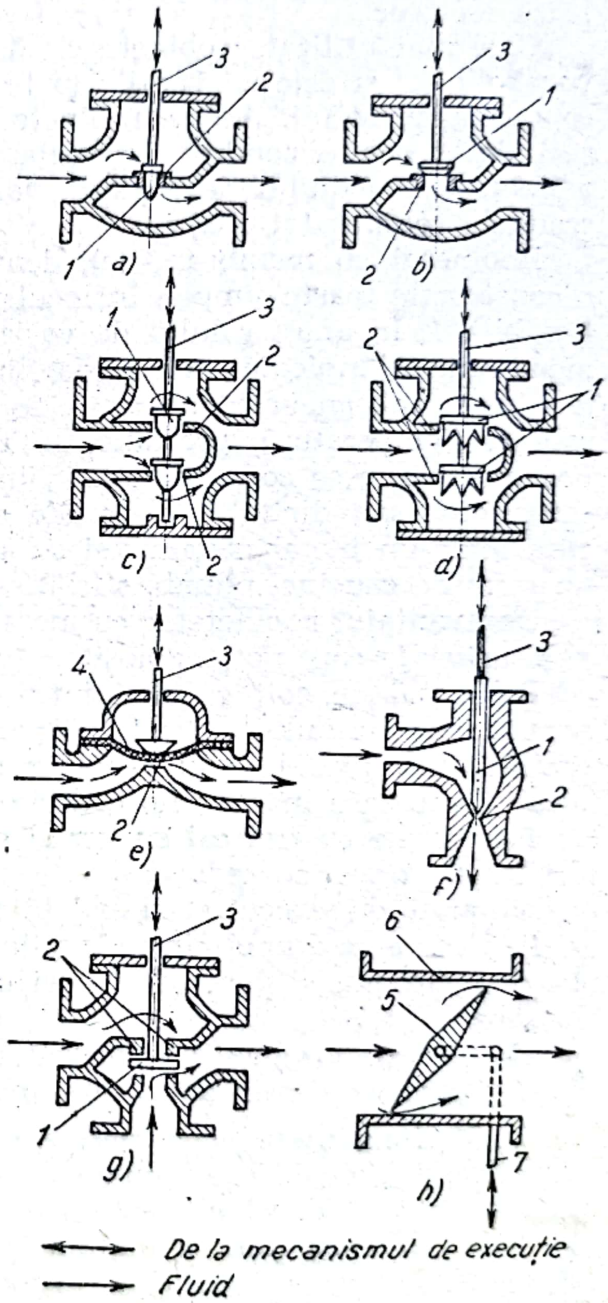


Fig. 5.27. Organe de execuţie:

1 — supapă; *2* — scaun; *3, 7* — tijă; *4* — membrană; *5* — paletă; *6* — tronson.

ţate de variaţiile de presiune ale mediului care trece prin ele. Tija *3* este supusă unei forţe de împingere cauzată de căderea de presiune a fluidului la trecerea prin scaunul robinetului.

Nu se utilizează de obicei pentru dimensiuni mai mari de 2" sau pentru presiuni mici.

Robinetele cu două scaune remediază dezavantajele robinetelor cu un scaun. Căderile de presiune ale fluidului la trecerea prin scaune se anulează reciproc.

Cele mai utilizate robinete cu două scaune sînt cu ventile de profil parabolic (*c*) şi cele cu ventile în formă de piston cu ferestre de trecere în formă de V (*d*). Aceste robinete sînt utilizate pe scară largă în cele mai defavorabile condiţii de reglare automată (limite largi de variere a debitului mediului de reglare, valori mari ale căderii de presiune în scaunele robinetului etc.).

Robinetul cu membrană (*e*), denumit şi robinet fără ventil, prezintă o construcţie foarte simplă. În locul ventilului, robinetul are o membrană flexibilă 4. În afara rolului de variaţie a secţiunii de trecere a fluidului membrana 4 împiedică scurgerea fluidului pe lîngă tija robinetului. Materialul membranei este în funcţie de proprietăţile fluidului care trece prin robinet (temperatură, presiune, acţiune corosivă etc.). De obicei, asemenea membrane se confecţionează din cauciuc sintetic, policlorură de vinil, saran etc., sau din alte materiale sintetice. Corpul robinetului se execută dintr-un metal obişnuit şi se acoperă pe suprafaţa sa interioară cu un strat de cauciuc, plumb, sticlă, saran etc.

Dezavantajul robinetelor cu membrană constă în limita scăzută a temperaturilor la care pot fi folosite.

Robinetul de colţ cu ajutaj tip Venturi (*f*) permite prin construcţia sa intrarea fluidului cu viteză mare datorită cărui fapt se micşorează posibilitatea înfundării acestuia cu murdărie. Robinetele de acest tip au o largă utilizare în cazurile căderilor mari de presiune ale fluidelor.

Robinetele cu trei căi cu ventil plat (*g*) se întrebuinţează în cazul căderilor de presiune reduse.

Organul de execuţie cu paletă (*h*) se foloseşte la conducte cu diametrul mare şi atunci cînd căderile de presiune sînt mici. Paleta 5 este un disc circular şi poate fi acoperită cu cauciuc sau alte materiale anticorosive.

Construcţia organelor de execuţie cu paletă nu permite micşorarea debitului care trece prin acestea cu mai mult de 80% din valoarea maximă.

5.5.5. **Elementele constructive secundare.** În afara elementelor constructive principale ale regulatoarelor automate, acestea mai sînt prevăzute cu o serie de elemente constructive care asigură comportarea regulatorului ca regulator cu acţiune proporţională, integrală, proporţională şi integrală, proporţională şi derivativă sau proporţională, integrală şi derivativă.

Construcţia acestor elemente este specifică fiecărui tip de regulator în parte şi va fi tratată în cadrul descrierii regulatoarelor automate.

De asemenea, regulatoarele automate mai sînt prevăzute cu elemente constructive (comutatori) pentru trecerea de la reglarea automată la comanda manuală. La regulatoarele pneumatice comutatorul este un simplu robinet montat înaintea ajutajului.

Scanned with OKEN Scanner

5.5.6. **Ventile de reglare.** Organele de execuţie de tipul robinet cu ventil sînt denumite frecvent în literatura tehnică „ventile de reglare".

Ventilele de reglare sînt caracterizate prin două proprietăţi de care este absolut necesar să se ţină seama la alegerea lor şi anume: „caracteristica" şi „diametrul nominal".

Prin caracteristica ventilului de reglare se înţelege relaţia matematică dintre variaţia debitului fluidului care trece prin ventilul de reglare şi deplasarea ventilului sau paletei.

Ventilele de reglare se construiesc frecvent cu caracteristică liniară, logaritmică sau parabolică.

Diametrul nominal al ventilului de reglare caracterizează mărimea secţiunii de trecere a fluidului prin acesta şi constituie unul dintre factorii determinanţi ai calităţii reglării automate.

În mod obişnuit caracteristica şi diametrul nominal al ventilului de reglare se stabilesc de către întreprinderea constructoare pe baza datelor procesului tehnologic.

5.5.7. **Dispozitive de poziţionare** (relee de poziţionare). La regulatoarele pneumatice de alt tip decît cu două sau mai multe poziţii şi la care mecanismul de acţionare este acţionat cu aer comprimat (fig. 5.24) este foarte important ca deplasarea membranei mecanismului să corespundă cît mai exact variaţiilor de presiune ale aerului care vine de la dispozitivul de comandă.

Mecanismele de execuţie acţionate cu aer comprimat prezintă fenomenul de histerezis la deplasarea tijei, datorită forţelor de frecare care apar în presetupa tijei şi în interiorul corpului organului de execuţie. Datorită acestui fenomen, variaţiile de presiune ale aerului care vine de la dispozitivul de comandă nu determină deplasarea corespunzătoare a tijei ventilului sau paletei.

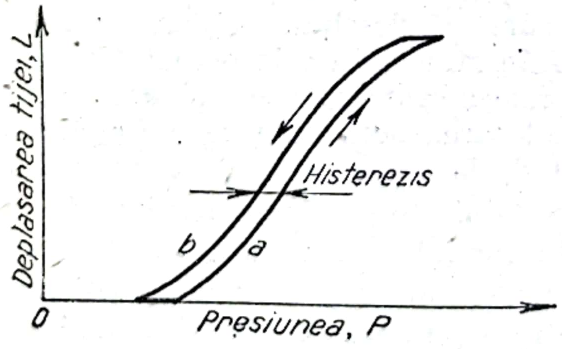


Fig. 5.28. Deplasarea tijei ventilului sau a paletei în funcţie de presiunea deasupra membranei mecanismului de acţionare.

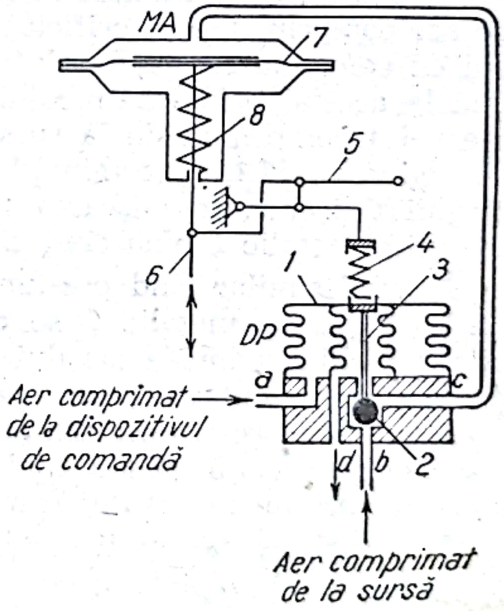


Fig. 5.29. Mecanism de acţionare cu dispozitiv de poziţionare:
1 — burduf; metalic; *2* — bilă; *3*, *6* — tijă; *4* — arc reglabil; *5* — sistem de pîrghii; *7* — membrană; *8* — arc; *DP* — dispozitiv de poziţionare; *MA* — mecanism de acţionare.

În fig. 5.28 este reprezentată grafic deplasarea L a tijei ventilului sau paletei, în funcție de presiunea P a aerului care apasă deasupra membranei mecanismului de acționare.

Din figură se vede că într-un sens de deplasare al tijei, și anume sensul căruia îi corespunde comprimarea aerului, este necesară o presiune mai mare decît în celălalt sens de deplasare al tijei. Variației presiunii în intervalul dintre cele două curbe *a* și *b* îi corespunde o zonă moartă a deplasării tijei și în consecință o zonă moartă a variației parametrului de reglare.

Înlăturarea acestui dezavantaj se face prin utilizarea dispozitivelor de poziționare, denumite adeseori relee de poziționare.

Aerul de la dispozitivul de comandă al regulatorului nu mai acționează direct asupra mecanismului de acționare, ci asupra dispozitivului de poziționare. Deasupra membranei mecanismului de acționare acționează aer comprimat direct de la sursă.

În fig. 5.29 este reprezentat schematic un dispozitiv de poziționare de o construcție modernă și larg răspîndită, conectat la un mecanism de acționare cu membrană și arc.

Aerul de la dispozitivul de comandă al regulatorului pătrunde în interiorul burdufului metalic dublu *1*, prin orificiul *a*, iar aerul de la sursa de aer comprimat prin orificiul *b*. Cînd presiunea aerului de la dispozitivul de comandă crește, burduful metalic *1* se destinde, iar bila *2* conectată la acesta, prin intermediul tijei *3*, permite trecerea prin orificiul *c* a aerului comprimat de la sursă deasupra membranei *7* a mecanismului de acționare *MA*, determinînd deplasarea în jos a tijei *6*. Sistemul de pîrghii *5* transmite mișcarea tijei *6* arcului reglabil *4*, care comprimă burduful metalic *1* pînă cînd bila *2* își recapătă poziția inițială.

În mod similar cînd presiunea aerului de la dispozitivul de comandă scade, burduful metalic *1* se comprimă, tija *3* se deplasează în jos și bila *2* închide admisia aerului de la sursă și deschide orificiul *c*. Aerul de deasupra membranei *7* se evacuează în atmosferă prin orificiul de evacuare *d*. Scăderea presiunii aerului deasupra membranei *7* are ca urmare deplasarea în sus a tijei *6*. Deplasarea acesteia este o funcție liniară de presiunea aerului comprimat de la dispozitivul de comandă.

Prin reglarea tensiunii arcului *4* se stabilește presiunea minimă de deplasare a membranei *7*, iar cu ajutorul sistemului de pîrghii *5* cursa tijei *6*.

În fig. 5.30 este reprezentat schematic un dispozitiv de poziționare montat în același corp cu un mecanism de acționare cu membrană și arc. Funcționarea sa este similară cu cea reprezentată în fig. 5.29.

Aerul comprimat de la dispozitivul de comandă acționează deasupra membranei *1* a dispozitivului de poziționare determinînd închiderea, respectiv deschiderea ajutajului *4* de către obturatorul 5. Aerul comprimat cu presiune constantă de la sursa de aer, acționează asupra membranei *6* a mecanismului de execuție, corespunzător deplasării membranei *1* a dispozitivului de poziționare.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 5.31 este reprezentată grafic deplasarea L a tijei ventilului sau paletei, în funcţie de presiunea P, care acţionează deasupra membranei mecanismului de execuţie cînd se utilizează un dispozitiv de poziţionare.

În acest caz curbele *a* şi *b* din fig. 5.28 se suprapun, practic neexistînd fenomenul de histerezis.

Aerul comprimat de la sursă are de obicei presiunea 1,5—2 kgf/cm², dar poate avea presiune mult mai mare decît aerul care vine de la dispozitivul de comandă, ceea ce constituie un avantaj în plus al dispozitivelor de poziţionare putînd fi folosite la dispozitive de execuţie de mari dimensiuni.

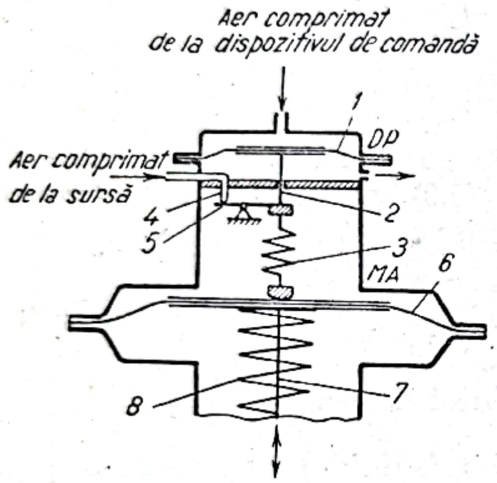


Fig. 5.30. Mecanism de acţionare cu dispozitiv de poziţionare:
1, 6 — membrană; *2, 7* — tijă; *3, 8* — arc; *4* — ajutaj; *5* — obturator; *DP* — dispozitiv de poziţionare; *MA* — mecanism de acţionare.

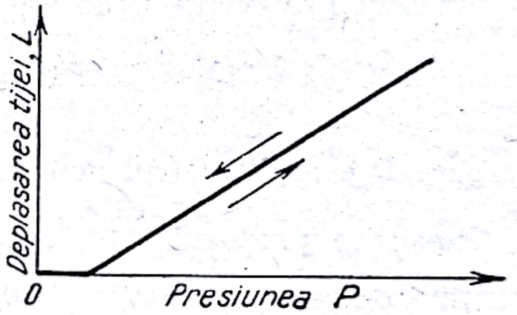


Fig. 5.31. Deplasarea tijei ventilului sau a paletei în funcţie de presiunea deasupra membranei mecanismului de acţionare cu dispozitiv de poziţionare.

Dispozitivele de poziţionare au o largă utilizare şi în cazurile în care un regulator acţionează mai multe dispozitive de execuţie.

5.5.8. **Calculul diametrului ventilelor de reglare.** Unul dintre factorii cei mai importanţi care asigură calitatea reglării automate este mărimea secţiunii de trecere a fluidului prin ventilul de reglare, exprimată prin diametrul nominal al acestuia.

Diametrul nominal al ventilului de reglare trebuie astfel ales încît să permită trecerea prin el a debitului necesar de mediu de reglare la orice variaţie a încărcării obiectului. Anterior, s-a arătat că de obicei acest diametru se stabileşte de către întreprinderea constructoare a regulatorului automat pe baza datelor tehnologice ale proiectului. Se pune, totuşi, deseori, problema calculului diametrului ventilului de reglare de către proiectantul instalaţiei tehnologice sau de către tehnicienii din exploatare, în special, cu ocazia modificărilor procesului tehnologic, după livrarea regulatoarelor automate.

Se consideră necesar să se indice, cel puţin sumar, modul de calcul al diametrului ventilului de reglare.

Scanned with OKEN Scanner

Ecuațiile recomandate de diferitele întreprinderi constructoare de regulatoare automate sînt bazate pe ipoteza că ventilul de reglare se comportă ca un dispozitiv de strangulare cu secțiunea variabilă. În consecință, se aplică ecuațiile curgerii fluidelor prin orificii.

Ecuația de bază este:

$$v = c\sqrt{2gh} \tag{5.9}$$

în care:

v este viteza fluidului;
g — accelerația gravitației;
h — pierderea de presiune a fluidului;
c — constantă.

Multiplicînd ambii termeni ai ecuației (5.9) cu suprafața de trecere a fluidului prin ventilul de reglare se obține:

$$\frac{v\pi D^2}{4} = c\,\frac{\pi D^2}{4}\sqrt{2gh}, \tag{5.10}$$

în care D este diametrul nominal al ventilului de reglare.

Deoarece produsul $\frac{v\pi D^2}{4}$ reprezintă debitul fluidului care trece prin ventilul de reglare, ecuația (5.10) se poate scrie:

$$Q = c_0 D^2\sqrt{2gh} \tag{5.11}$$

în care $c_0 = c\frac{\pi}{4}$ = constantă.

În ecuația (5.11) se introduce valoarea $h = \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{\Delta p}{\rho}$

în care:

P_1 este presiunea înainte de ventilul de reglare;
P_2 — presiunea după ventilul de reglare;
ρ — densitatea fluidului;
Δp — căderea de presiune în ventilul de reglare.

Ecuația (5.11) devine:

$$Q = c_0 D^2\sqrt{2g\frac{\Delta p}{\rho}} \tag{5.12}$$

Din ecuația (5.12) se scoate valoarea diametrului ventilului de reglare:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{c_0\sqrt{2g\frac{\Delta p}{\rho}}}} \tag{5.13}$$

Scanned with OKEN Scanner

Scoţînd de sub radical valoarea produsului constant $c_0\sqrt{2g}=C$ se obţine:

$$D = C\sqrt{\frac{Q}{\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}}}. \tag{5.14}$$

Valoarea constantei C depinde de construcţia ventilului de reglare, de natura fluidului care trece prin el şi de mărimea deschiderii de trecere a fluidului.

Introducînd în ecuaţia (5.14) pentru constanta C valorile medii determinate experimental şi făcînd transformările respective în funcţie de unităţile de măsură alese s-au stabilit o serie de formule de calcul.

Formulele de calcul adoptate în industria de petrol din U.R.S.S. sînt următoarele:

Pentru lichide:

$$D = \sqrt{84 V_l \sqrt{\frac{\rho_l}{\Delta P}}} \tag{5.15}$$

Pentru gaze:

$$D = \sqrt{2{,}95\, V_g \sqrt{\frac{\rho_g}{\Delta P P_2}}} \tag{5.16}$$

Pentru vapori:

$$D = \sqrt{\frac{2{,}8\, G}{\sqrt{\Delta P \rho_v}}} \tag{5.17}$$

în care:

D este diametrul nominal al ventilului de reglare, în mm;
V_l — debitul de lichid, în m^3/h;
ρ_l — densitatea lichidului, în kgf/m^3;
$\Delta P = P_1 - P_2$ — căderea de presiune în ventilul de reglare, în kgf/cm^2;
P_1 — presiunea fluidului la intrarea în ventilul de reglare, în kgf/cm^2;
P_2 — presiunea absolută a fluidului după ventilul de reglare, în kgf/cm^2;
V_g — debitul de gaz, în m^3N/h;
ρ_g — densitatea relativă a gazului în raport cu aerul;
G — debitul de vapori, în kg/h;
ρ_v — densitatea vaporilor în condiţiile de lucru, în kgf/m^3.

Pentru vapori și gaze în ecuațiile (5.16) și (5.17) cînd P_2 este mai mic decît 0,5 P_1, indiferent de valoarea lui P_2, aceasta se consideră 0,5 P_1, această condiție fiind impusă de limita condițiilor critice de scurgere a gazelor și vaporilor prin orificii. Greutatea specifică a vaporilor ρ_v se consideră la presiunea după ventilul de reglare.

Alte formule recomandate pentru calculul diametrelor ventilelor de reglare sînt următoarele:

Pentru lichide:

$$D = \sqrt{\frac{V_l}{K_l}\sqrt{\frac{\rho_l}{\Delta P}}} \tag{5.18}$$

Pentru gaze:

$$D = \sqrt{\frac{V_g}{K_g}\sqrt{\frac{\rho_g \cdot t}{\Delta P P_2 \cdot t_0}}} \tag{5.19}$$

Pentru vapori:

$$D = \sqrt{\frac{G}{K_v\sqrt{\Delta P \cdot \rho_v}}} \tag{5.20}$$

în care:

D este diametrul nominal al ventilului de reglare, în țoli;
V_l — debitul de lichid, în gall/min;
ΔP — căderea de presiune în ventilul de reglare, în lb/in^2;
V_g — debitul de gaz în ft^3/h, la $t=60°F$ și $P_{abs}=14{,}7$ lb/in^2;
P_2 — presiunea după ventilul de reglare, în lb/in^2;
t — temperatura gazului, în °F;
t_0 — temperatura de referință, $t_0=60°F$;
G — debitul de vapori, în lb/h;
ρ_v — densitatea vaporilor, în lb/ft^3;
ρ_g — ca în ecuația (5.15) și respectiv (5.16).

Pentru ventilele de reglare de tipul Stabilfo—Foxboro $K_l=7{,}5$ și $K_g=K_v=545$.

O altă metodă utilizată pentru calculul diametrului nominal al ventilului de reglare constă în determinarea valorii așa-numitului *coeficient hidraulic* C_H sau *coeficient de debit* al ventilului de reglare. Diametrul nominal al ventilului de reglare se determină din tabele sau grafice pe baza valorii coeficientului hidraulic.

În industria de petrol din U.R.S.S. se folosesc următoarele formule de calcul:

Scanned with OKEN Scanner

Pentru lichide:

$$C_H = \frac{V_l}{\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_l}}} \tag{5.21}$$

Pentru gaze:

a) cînd $P_2 > 0{,}5\ P_1$

$$C_H = \frac{V_g}{514\,\varepsilon\sqrt{\frac{\Delta P P_1}{\rho_g (273 + t)}}} \tag{5.22}$$

b) cînd $P_2 \leqslant 0{,}5\ P_1$

$$C_H = \frac{V_g}{280\,P_1\sqrt{\frac{1}{\rho_g (273 + t)}}} \tag{5.23}$$

Pentru vapori saturaţi şi supraîncălziţi:

a) cînd $P_2 > 0{,}5\ P_1$

$$C_H = \frac{G}{31{,}6\varepsilon\sqrt{\Delta P \cdot \rho_v}} \tag{5.24}$$

b) cînd $P_2 \leqslant 0{,}5\ P_1$

$$C_H = \frac{G}{17{,}3\sqrt{P_1 \cdot \rho_v}}, \tag{5.25}$$

în care:

ρ este greutatea specifică a gazului, în kgf/m^{3}N;
t — temperatura gazului în condiţiile de lucru, în °C;
ε — coeficientul de compresibilitate (fără dimensiuni).

Coeficientul de compresibilitate se determină în modul următor:

a) dacă $\frac{\Delta P}{P_1} > 0{,}08$, $\quad \varepsilon = 1 - 0{,}46\frac{\Delta P}{P_1}$

b) dacă $\frac{\Delta P}{P_2} \leqslant 0{,}08$, $\quad \varepsilon = 1$

Celelalte notaţii au aceleaşi semnificaţii şi unităţi ca şi în ecuaţiile (5.15), (5.16) şi (5.17).

În tabela 5.2 sînt indicate o serie de valori ale coeficientului hidraulic C_H pentru ventilele de reglare tip Glavarmalit (U.R.S.S.) cu ventil plat şi caracteristică liniară.

În literatura tehnică se recomandă pentru calculul diametrului nominal al ventilelor de reglare următoarele formule:

Tabela 5.2.

Valorile coeficientului hidraulic la ventilul de reglare tip Glavarmalit (U.R.S.S.) cu ventil plat şi caracteristică liniară

Diametrul nominal al ventilului de reglare, mm	Coeficientul hidraulic, C_H
15	8
20	11
25	14
30	30
40	41
50	50
70	79
80	98
100	175
125	245
150	350
200	650
250	1 000
300	1 400
350	1 900

Tabela 5.3.

Valorile coeficientului hidraulic pentru ventilele de reglare tip Foxboro-Stabilfo

Diametrul nominal al ventilului de reglare, ţoli	Coeficientul hidraulic, C_H
1/2	4,58
3/4	7,43
1	12,0
1 1/4	18,0
1 1/2	26,3
2	49,7
2 1/2	71,0
3	103
4	168
5	254
6	367

Pentru lichide:

$$C_H = V_l \sqrt{\frac{\rho_l}{\Delta P}} \qquad (5.26)$$

Pentru gaze:

$$C_H = \frac{V_g}{60{,}5} \sqrt{\frac{\rho_g \cdot t}{\Delta P P_2 \cdot t_0}} \qquad (5.27)$$

Pentru vapori:

$$C_H = \frac{G}{60{,}5} \sqrt{\frac{1}{\Delta P \cdot \rho_v}} \qquad (5.28)$$

Notaţiile au aceleaşi semnificaţii şi unităţi ca în ecuaţiile (5.18), (5.19) şi (5.20).

În tabela 5.3 sînt arătate valorile coeficientului hidraulic pentru un ventil de reglare de tipul Foxboro-Stabilfo.

Calculul corect al diametrului ventilului de reglare impune respectarea unor condiţii dintre care cele mai importante se referă la căderea de presiune şi sînt:

1. Căderea de presiune în ventilul de reglare se recomandă a fi cît mai mare, iar pierderile de presiune în conducte şi armături, cît mai mici. Căderea de presiune în ventilul de reglare nu trebuie să fie mai mică decît 10% din presiunea dinaintea sa.

2. Căderea de presiune în ventilul de reglare nu poate fi aleasă convenţional, ci calculată pe baza condiţiilor efective ale procesului tehnologic în care funcţionează ventilul de reglare. Alegerea arbitrară a căderii de presiune în ventilul de reglare determină dimensionarea inexactă a acestuia.

Exemplu: un ventil de reglare este montat pe conducta de refulare a unei pompe servind pentru varierea automată a debitului de reflux introdus la vîrful unei coloane de distilare ca în fig. 5.32.

Scanned with OKEN Scanner

Presiunea de refulare a pompei $P_1 = 6$ kgf/cm² și presiunea în coloană $P_2 = 3$ kgf/cm². Pierderile de presiune în conductă, fitinguri și armături înaintea ventilului de reglare reprezintă $P_{ab} = 0{,}1$ kgf/cm² și după acesta pînă în coloană $P_{cd} = 0{,}4$ kgf/cm².

Căderea de presiune în ventilul de reglare este:

$$\Delta P = (P_1 - P_{ab}) - (P_2 + P_{cd}) =$$
$$= (6 - 0{,}1) - (3 + 0{,}4) = 2{,}5 \text{ kgf/cm}^2.$$

Diametrul nominal al ventilului de reglare calculat este totdeauna mai mic decît diametrul nominal al conductei în care este instalat.

Dacă din calcul rezultă un ventil de reglare cu diametrul nominal egal cu diametrul nominal al conductei sau mai mare decît acesta, se poate considera calculul eronat.

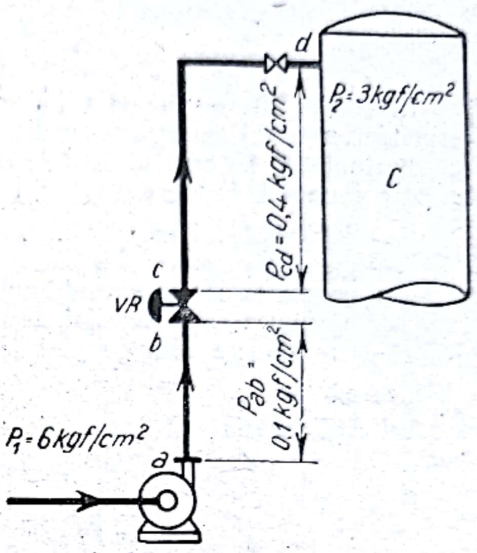


Fig. 5.32. Căderea de presiune într-un ventil de reglare:
VR — ventil de reglare; C — coloană.

Exemple de calcul:

Exemplu 1. Se cere să se determine diametrul nominal al unui ventil de reglare instalat pe o conductă de diizobutenă (lichid) cunoscîndu-se următoarele date:

— debitul de diizobutenă $V_l = 15$ m³/h;
— greutatea specifică relativă a diizobutenei în raport cu apa $\rho_l = 0{,}736$;
— căderea de presiune în ventilul de reglare $\Delta P = 1$ kgf/cm².

Rezolvare:

Aplicînd ecuația (5.15) se obține:

$$D = \sqrt{84 \cdot 15\sqrt{\frac{0{,}736}{1}}} = 32{,}9 \text{ mm}$$

Se alege un ventil de reglare cu diametrul nominal standardizat $D_n = 40$ mm.

Aplicînd ecuația (5.21) se obține:

$$C_H = \frac{15}{\sqrt{\frac{1}{0{,}736}}} = 12{,}9$$

Alegînd un ventil de reglare de tipul Glavarmalit cu ventil plat, se găsește în tabela 5.2 pentru valoarea lui $C_H = 14$ (cea mai apropiată de $C_H = 12{,}9$), valoarea diametrului nominal al ventilului de reglare $D_n = 25$.

Repetăm calculul folosind ecuația (5.18) și ecuația (5.26)

$V_l = 15$ m³/h = 66 gal/min; $\rho_l = 0{,}736$;
$\Delta P = 1$ kgf/cm² = 14,22 lb/in².

Aplicînd ecuația (5.18) se obține:

$$D = \sqrt{\frac{66}{7{,}5}\sqrt{\frac{0{,}736}{14{,}22}}} = 1{,}41 \text{ in} = 35{,}9 \text{ mm}.$$

Se alege un ventil de reglare cu diametrul nominal standardizat $D_n = 40$ mm.
Aplicînd ecuația (5.26) se obține:

$$C_H = 66\sqrt{\frac{0{,}736}{14{,}22}} = 15$$

În tabela 5.3 se găsește valoarea $C_H = 12{,}0$ (cea mai apropiată de 15), căreia îi corespunde un ventil de reglare cu diametrul nominal de 1".

Exemplul 2. Se cere să se determine diametrul nominal al unui ventil de reglare instalat pe o conductă de hidrogen (gaz) cunoscîndu-se următoarele date:

— debitul de hidrogen . . . . . $V_g = 10\,000$ m³N/h;
— greutatea specifică a hidrogenului . . . . . $\rho_g = 0{,}069$;
— presiunea înaintea ventilului de reglare . . . . . $P_1 = 14$ kgf/cm²;
— presiunea după ventilul de reglare . . . . . $P_2 = 7$ kgf/cm²;
— temperatura hidrogenului . . . . . $t = 38°C$.

Rezolvare:
Aplicînd ecuația (5.16) se obține:

$$D = \sqrt{2{,}95 \cdot 10\,000\sqrt{\frac{0{,}069}{7 \cdot 7}}} = 33{,}4 \text{ mm}.$$

Se alege un ventil de reglare cu diametrul nominal standardizat $D_n = 30$ mm.
Aplicînd ecuația (5.23), deoarece $P_2 = 0{,}5\ P_1$, se obține:

$$C_H = \frac{10\,000}{280 \cdot 7\sqrt{\frac{1}{0{,}069\ (273 + 38)}}} = 26{,}8.$$

Dacă se alege un ventil de reglare de tip Glavarmalit din tabela 5.2 se găsește pentru valoarea lui $C_H = 30$ (cea mai apropiată de 26,8) diametrul nominal de 30 mm.

Se repetă calculul folosind ecuațiile (5.19) și (5.27).

$V_g = 10\,000$ m³N/h $= 10\,540$ m³/h la 60°F și 14,7 lb/in², $= 373\,000$ ft³/h;
$\rho_g = 0{,}069$
$\Delta P = 7$ kgf/cm² $= 99{,}5$ lb/in²
$P_2 = 7$ kgf/cm² $= 99{,}5$ lb/in²
$t = 38°C = 100°F$
$t_0 = 60°F$.

Aplicînd ecuația (5.19) se obține:

$$D = \sqrt{\frac{373\,000}{545}\sqrt{\frac{0{,}069 \cdot 100}{99{,}5 \cdot 99{,}5 \cdot 60}}} = 1{,}52 \text{ in} = 38{,}8 \text{ mm}.$$

Se alege un ventil de reglare cu diametrul nominal standardizat $D_n = 40$ mm.
Aplicînd ecuația (5.27) se obține:

$$C_H = \frac{373\,000}{60{,}5}\sqrt{\frac{0{,}069 \cdot 100}{99{,}5 \cdot 99{,}5 \cdot 60}} = 21$$

Scanned with OKEN Scanner

În tabela 5.3 se găsește corespunzător valorii $C_H=18{,}0$ (valoarea lui C_H cea mai apropiată de 21), diametrul nominal al ventilului de reglare $D_n=1^1/_4''$.

Exemplul 3. Se cere să se determine diametrul nominal al unui ventil de reglare instalat pe o conductă de butan (în fază de vapori) cunoscîndu-se următoarele date:

— debitul de vapori de butan . . . . . $G = 5\,000$ kg/h;
— căderea de presiune în ventilul de reglare . . . . . $\Delta P = 1{,}5$ kgf/cm²;
— presiunea înainte de ventilul de reglare . . . . . $P_1 = 7$ kgf/cm²;
— presiunea după ventilul de reglare . . . . . $P_2 = 5{,}5$ kgf/cm²;
— temperatura vaporilor de butan . . . . . $t = 60°C$.

Rezolvare:

Se determină greutatea specifică a vaporilor de butan în condiții de lucru (la temperatura $t=60°C$) și presiunea $P_2=5{,}5$ kgf/cm² cunoscînd greutatea moleculară a butanului $M=58$.

$$\rho_v = \frac{58}{\frac{1 \cdot 22{,}4 \cdot 333}{5{,}5 \cdot 273}} = 11{,}7 \text{ kg/m}^3.$$

Aplicînd ecuația (5.17) se obține:

$$D = \sqrt{\frac{2{,}8 \cdot 5\,000}{\sqrt{1{,}5 \cdot 11{,}7}}} = 57{,}8 \text{ mm}.$$

Se alege un ventil de reglare cu diametrul nominal standardizat $D_n = 70$ mm.
Aplicînd ecuația (5.24), deoarece $P_2 > 0{,}5P_1$, se obține:

$$C_H = \frac{5\,000}{31{,}6 \cdot 0{,}902\sqrt{1{,}5 \cdot 11{,}7}} = 42$$

$$\varepsilon = 1 - 0{,}46\frac{1{,}5}{7} = 0{,}902.$$

Din tabela 5.2 se găsește pentru valoarea $C_H=50$, diametrul nominal al ventilului de reglare de tip Glavarmalit $D_n=50$ mm.

Se verifică calculul folosind ecuațiile (5.20) și (5.28)

$G = 5\,000$ kg/h $= 11\,000$ lb/h;
$\Delta P = 7 - 5{,}5 = 1{,}5$ kgf/cm² $= 21{,}4$ lb/in²;
$\rho_v = 11{,}7$ kg/m³ $= 0{,}73$ lb/ft³;
$K_v = 545$.

Aplicînd ecuația (5.20) se obține:

$$D = \sqrt{\frac{11\,000}{545\sqrt{21{,}4 \cdot 0{,}73}}} = 2{,}26 \text{ in} = 57{,}5 \text{ mm}$$

Aplicînd ecuația (5.28) se obține:

$$C_H = \frac{11\,000}{60{,}5}\sqrt{\frac{1}{21{,}4 \cdot 0{,}73}} = 46.$$

Din tabela 5.3 se găsește pentru valoarea $C_H=49{,}7$, diametrul nominal al ventilului de reglare $D_n=2''$.

Scanned with OKEN Scanner

5.6. DESCRIEREA PRINCIPALELOR REGULATOARE AUTOMATE FOLOSITE IN PROCESELE CHIMICE

Descrierea funcţionării şi construcţiei regulatoarelor automate se face în modul cel mai frecvent pe baza clasificării după acţiunea de reglare.

5.6.1 **Regulatorul cu două poziţii.** Cel mai cunoscut tip de regulator folosit în general în procesele industriale este regulatorul cu două poziţii.

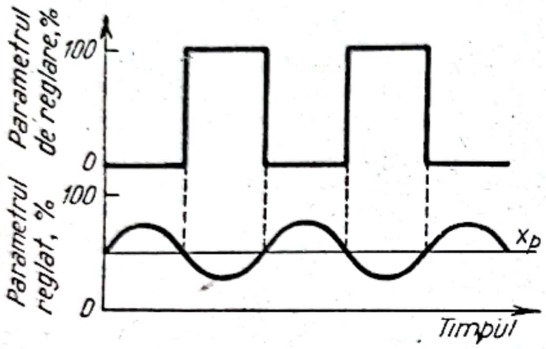


Fig. 5.33. Variaţia parametrului de reglare şi a parametrului reglat la regulatorul cu două poziţii:
x_p — valoarea prescrisă.

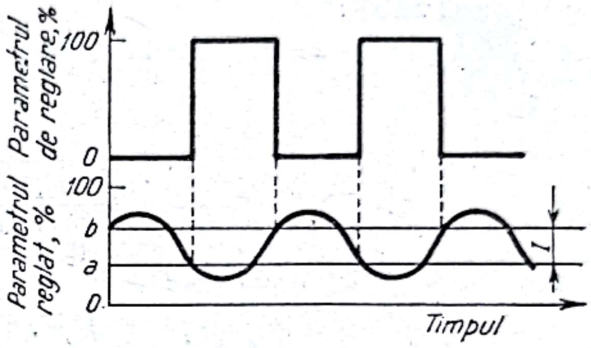


Fig. 5.34. Variaţia parametrului de reglare şi a parametrului reglat la regulatorul cu două poziţii prevăzut cu interval de insensibilitate I.

La acest tip de regulator între abaterea parametrului reglat şi variaţia parametrului de reglare nu există nici o dependenţă matematică. Variaţia parametrului reglat de la valoarea prescrisă (deci apariţia unei abateri) determină variaţia parametrului de reglare de la zero la o valoare maximă sau invers, după cum se vede în schema grafică din fig. 5.33.

Din fig. 5.33 rezultă că atunci cînd valoarea parametrului reglat este mai mare decît valoarea prescrisă, valoarea parametrului de reglare variază cu 0%, iar atunci cînd valoarea parametrului reglat este mai mică decît valoarea prescrisă, valoarea parametrului reglat variază cu 100%. Desigur, sînt regulatoare automate cu două poziţii a căror acţiune este inversă şi anume atunci cînd valoarea parametrului reglat este mai mică decît valoarea prescrisă, valoarea parametrului reglat variază cu 0% şi cînd valoarea parametrului reglat este mai mare decît valoarea prescrisă, valoarea parametrului reglat variază cu 100%.

În practică, pentru evitarea funcţionării continue a dispozitivului de execuţie, asemenea regulatoare sînt construite cu „interval de insensibilitate" în limitele căruia variaţia parametrului reglat nu determină nici o variaţie a parametrului de reglare.

În fig. 5.34 sînt reprezentate grafic variaţia parametrului de reglare şi a parametrului reglat în funcţie de timp la regulatorul cu două poziţii prevăzut cu interval de insensibilitate.

Din fig. 5.34 rezultă că parametrul de reglare ajunge la valoarea maximă (100%) cînd parametrul reglat descreşte pînă la valoarea a şi la valoarea 0% cînd parametrul reglat creşte pînă la valoarea b. Desigur

un regulator prevăzut cu un interval de insensibilitate are o precizie mai scăzută decît cel fără asemenea interval. Acest dezavantaj este compensat printr-o durată mai mare de funcţionare ca urmare a reducerii uzurii.

Regulatorul cu două poziţii este denumit adeseori regulator de maximum şi de minimum, regulator închis-deschis sau regulator prin tot sau nimic.

Cînd procesul tehnologic nu permite variaţia parametrului de reglare de la 0 la 100%, dispozitivul de execuţie este prevăzut cu o conductă de ocolire. Chiar în cazul unei închideri complete a acestuia este asigurată intrarea în sistem a unei cantităţi de substanţă sau energie. De exemplu, la reglarea temperaturii cuptoarelor prin variaţia automată a debitului de combustibil care alimentează arzătoarele acestora, conducta de ocolire cu care este prevăzut dispozitivul de execuţie asigură alimentarea continuă cu o cantitate mică de combustibil, evitîndu-se astfel stingerea flăcării. O altă modificare constă în utilizarea în paralel a două sau mai multe dispozitive de execuţie, fiecare funcţionînd la diferite valori ale abaterii parametrului reglat. În acest caz are loc o variaţie treptată a parametrului de reglare.

Constructiv, regulatorul cu două poziţii este cel mai simplu dintre toate regulatoarele automate. Din această cauză este adeseori folosit în industrie ori de cîte ori este necesară o reglare mai puţin precisă.

Construcţia regulatoarelor cu două poziţii diferă după felul energiei auxiliare folosite şi al parametrului reglat.

Dintre regulatoarele cu două poziţii cele mai răspîndite în procesele chimice sînt: regulatoarele pneumatice, regulatoarele hidraulice şi regulatoarele electrice pentru temperatură, debit, nivel şi presiune.

Regulatoare pneumatice cu două poziţii

Regulatorul pneumatic de temperatură reprezentat în fig. 5.35 funcţionează în modul următor: aerul comprimat de la vasul tampon al unui compresor cu presiune de 2—6 kgf/cm^2 trece prin reductorul de presiune *1*, unde presiunea acestuia este redusă de obicei la 1,1 kgf/cm^2, apoi prin filtrul *2* care are rolul de a reţine praful şi umiditatea din aer. Aerul comprimat a cărei presiune este indicată de manometrul *3* trece prin strangularea *4* la ajutajul *5*. Strangularea *4* este un tub capilar scurt avînd rolul de a micşora debitul de aer comprimat de comandă. Diametrul acestuia este de obicei 0,2 mm. Cînd obturatorul *6* închide ajutajul *5*, aerul comprimat apasă asupra membranei *16* a ventilului de reglare cu membrană *VR*, deplasarea membranei determinînd închiderea orificiului de trecere al ventilului cu două scaune *17*. Presiunea aerului care apasă asupra membranei *16* este măsurată de manometrul *15*. Aparatul de măsurat este un termometru manometric, constituit în exemplul considerat din elementul de captare *14*, arcul manometric *12* şi tubul capilar *13*.

Închiderea ajutajului *5*, de către obturatorul *6*, deci închiderea orificiului de trecere al ventilului cu două scaune *17* este determinată de

creşterea temperaturii mediului reglat în care se află introdus elementul de captare *14*. Destinderea arcului manometric *12*, determinată de creşterea presiunii interne a fluidului care umple sistemul termic al termometrului manometric, determină deplasarea indicatorului *10* la dreapta,

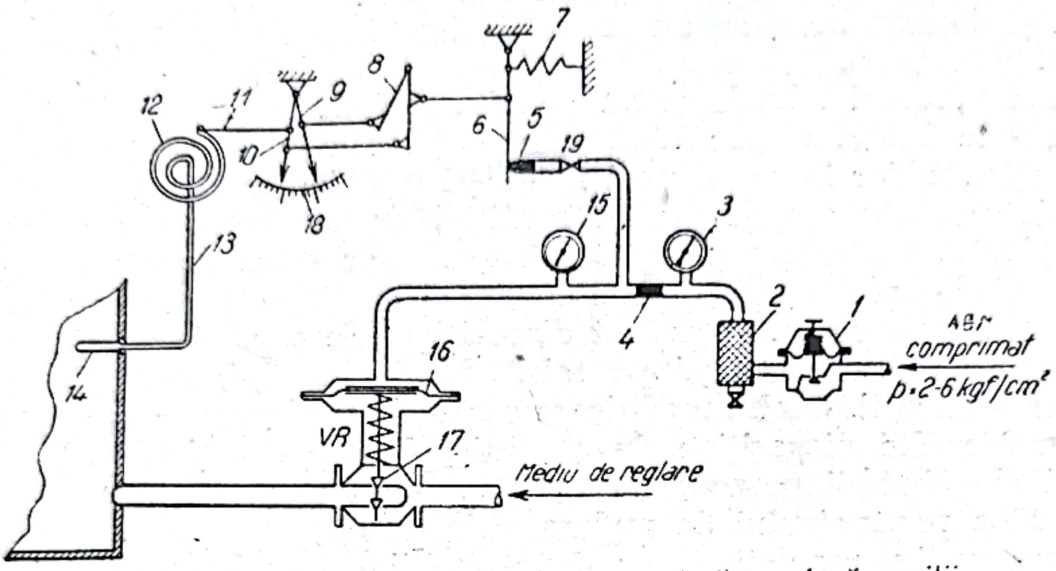


Fig. 5.35. Regulator pneumatic de temperatură cu două poziţii:
1 — reductor de presiune; *2* — filtru; *3*, *15* — manometru; *4* — strangulare; *5* — ajutaj; *6* — obturator; *7* — arc; *8* — sistem de transmisie; *9* — indicator al valorii prescrise; *10* — indicator al valorii reglate; *11* — tijă; *12* — arc manometric; *13* — tub capilar; *14* — element de captare; *16* — membrană; *17* — ventil cu două scaune; *18* — cadran; *19* — robinet cu ventil; *VR* — ventil de reglare.

iar deplasarea acestuia, închiderea ajutajului *5* de către obturatorul *6* prin intermediul sistemului de transmisie *8*.

În mod similar, scăderea temperaturii mediului reglat în care se află introdus elementul de captare *14*, determină comprimarea arcului manometric *12*, deplasarea indicatorului *10* la stînga şi deschiderea ajutajului *5* de către obturatorul *6*.

Cînd obturatorul *6* deschide ajutajul *5*, presiunea aerului comprimat deasupra membranei *16* scade, aceasta se deplasează în sus, ceea ce are ca urmare deschiderea orificiului de trecere al ventilului cu două scaune *17*.

În realitate, aşa cum rezultă din fig. 5.35, deplasarea obturatorului *6* nu este acţionată de deplasarea indicatorului *10* al valorilor reglate, ci de diferenţa dintre aceste valori şi valoarea prescrisă, fixată cu indicatorul *9*, denumit indicator de control. S-a arătat de altfel anterior că funcţionarea regulatorului automat este determinată de existenţa şi mărimea abaterii.

Arcul *7* are rolul de a readuce obturatorul *6* la poziţia sa iniţială, deoarece deplasări foarte mici ale acestuia provoacă variaţii mari ale presiunii aerului comprimat şi în consecinţă deplasări mari ale membranei *16*.

Robinetul cu ventil *19* permite trecerea de la reglarea automată la comanda manuală, prin închiderea acestuia. Deplasarea membranei *16*

Scanned with OKEN Scanner

a ventilului de reglare se face prin varierea presiunii aerului cu ajutorul reductorului de presiune *1*.

În exemplul considerat regulatorul automat are rolul de a menține temperatura constantă într-un rezervor prin variația corespunzătoare a debitului unui fluid cald care alimentează rezervorul (de exemplu abur). Creșterea temperaturii în spațiul în care se află introdus elementul de captare *14* determină scăderea corespunzătoare a debitului fluidului cald, iar scăderea temperaturii, creșterea acestui debit.

O construcție modificată a regulatorului dă posibilitatea acestuia să funcționeze invers decît în cazul expus și anume la creșterea temperaturii obturatorul deschide ajutajul, ceea ce are ca urmare deschiderea orificiului de trecere al ventilului cu două scaune *17* și invers la scăderea temperaturii obturatorul închide ajutajul, ceea ce determină închiderea orificiului de trecere al ventilului cu două scaune *17*.

Un asemenea regulator automat se folosește în cazurile menținerii constante a temperaturii unui mediu prin variația debitului unui fluid rece.

Regulatoarele pneumatice cu două poziții de debit, nivel și presiune sînt similare constructiv cu regulatorul reprezentat în fig. 5.35, diferind numai în ceea ce privește aparatul de măsurat.

Regulatoarele automate de tipul celui reprezentat schematic în fig. 5.35 au fost perfecționate prin adăugarea amplificatorului (releu, numit adeseori releu secundar). Absența unui asemenea releu face ca regulatorul respectiv să aibă sensibilitate redusă (deoarece pentru deplasarea membranei ventilului de reglare este necesară o forță apreciabilă, presiunea maximă deasupra acesteia fiind 1,1 kgf/cm^2) și o întîrziere considerabilă în funcționarea ventilului de reglare (ca urmare a faptului că evacuarea aerului comprimat se face numai prin ajutaj, cu debit foarte mic).

Introducerea unui amplificator are tocmai rolul de a remedia aceste dezavantaje.

În fig. 5.36 este reprezentat un astfel de regulator automat.

Funcție de aparatul de măsurat el poate fi regulator de temperatură, presiune, debit, nivel, *p*H etc. Construcția amplificatorului *A* este diferită de a celor expuse anterior (v. fig. 5.21 și 5.22), dar funcționarea sa este similară.

Aerul comprimat care a trecut printr-un reductor de presiune și un filtru, cu presiunea de circa 1,1 kgf/cm^2, ajunge simultan la ajutajul *2*, deasupra burdufului metalic dublu *6* și la ajutajul *4*. Cînd obturatorul *9* închide ajutajul *2*, ca urmare a deplasării indicatorului *12* al valorilor reglate la dreapta, presiunea aerului crește deasupra burdufului metalic dublu *6*, acesta comprimîndu-se. Obturatorul *5* deschide ajutajul *4*, presiunea aerului deasupra membranei *15* crește, ceea ce are ca urmare deplasarea acesteia și variația corespunzătoare a debitului fluidului care trece prin ventilul de reglare *VR*.

Scanned with OKEN Scanner

Cînd obturatorul *9* deschide ajutajul *2* presiunea aerului deasupra burdufului metalic dublu *6* scade, destinderea acestuia determinînd închiderea ajutajului *4* de către obturatorul *5* şi deschiderea ajutajului de evacuare *7*. Presiunea aerului de deasupra membranei *15* scade, aerul fiind evacuat în atmosferă prin ajutajul *7* şi orificiul de evacuare *8*.

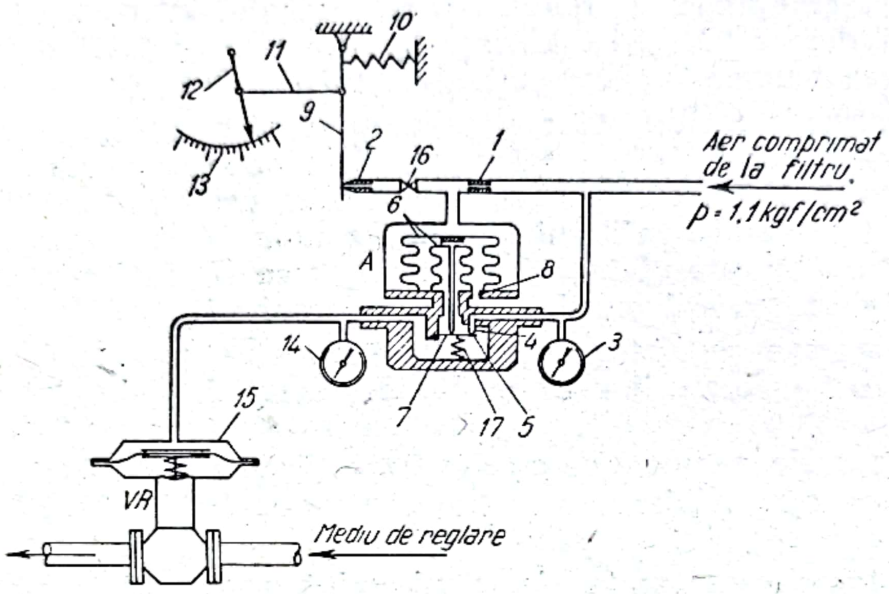


Fig. 5.36. Regulator pneumatic cu două poziţii cu amplificator:
1 — strangulare; *2*, *4* — ajutaj; *3*, *14* — manometru; *5*, *9* — obturator; *6* — burduf metalic; *7* — ajutaj de evacuare; *8* — orificiu de evacuare; *10* — arc; *11* — tijă; *12* — indicator al valorii reglate; *13* — cadran; *15* — membrană; *16* — robinet cu ventil; *17* — arc.

În fig. 5.36 s-a reprezentat simplificat acţionarea obturatorului *9*. În realitate, aşa cum s-a arătat anterior, obturatorul *9* este acţionat de deplasarea indicatorului *12* al valorilor reglate faţă de poziţia indicatorului de control.

Regulatoare hidraulice cu două poziţii

Regulatorul de presiune reprezentat schematic în fig. 5.37 funcţionează în modul următor: dacă, de exemplu, presiunea fluidului care trece prin conductă creşte peste valoarea prescrisă, membrana *1* a dispozitivului de comandă *DC* prevăzută cu discurile *2*, se deplasează spre stînga. Ejectorul *4* se deplasează de asemenea spre stînga prin intermediul tijei *3*. Lichidul de comandă (ulei) cu presiunea de 5—6 kgf/cm² de la pompa *7* trece din ejector prin canalul *b* în partea stîngă a cilindrului *9* deplasînd spre dreapta pistonul *10*. Deplasarea pistonului *10* spre dreapta determină, prin intermediul pîrghiei *11* rotirea paletei *12* în sensul deschiderii secţiunii de trecere a fluidului, ceea ce are ca urmare scăderea presiunii acestuia. Lichidul din partea dreaptă a cilindrului *9* este împins prin deplasarea pistonului *10*, prin canalul *a* al dispozitivului de comandă *DC* şi de aici în rezervorul de ulei *8* în vederea recirculării.

Scanned with OKEN Scanner

În mod similar, scăderea presiunii fluidului sub valoarea prescrisă determină rotirea paletei *12* în sensul micşorării secţiunii de trecere, ceea ce are ca rezultat mărirea corespunzătoare a presiunii fluidului. Arcul *5* serveşte la readucerea ejectorului *4* în poziţia sa iniţială reglată în prealabil cu ajutorul şurubului de reglare *6*.

Presiunea reglată a fluidului este măsurată cu ajutorul manometrului *13*.

Membrana *1* este confecţionată din piele pentru presiuni pînă la 500 mm col. apă şi din metale pentru presiuni mai ridicate.

Regulatoarele hidraulice cu două poziţii pentru ceilalţi parametri sînt asemănătoare constructiv cu regulatorul reprezentat în fig. 5.37.

Se folosesc în procesele chimice regulatoare hidraulice cu două poziţii pentru debit, raport de debit, nivel şi temperatură.

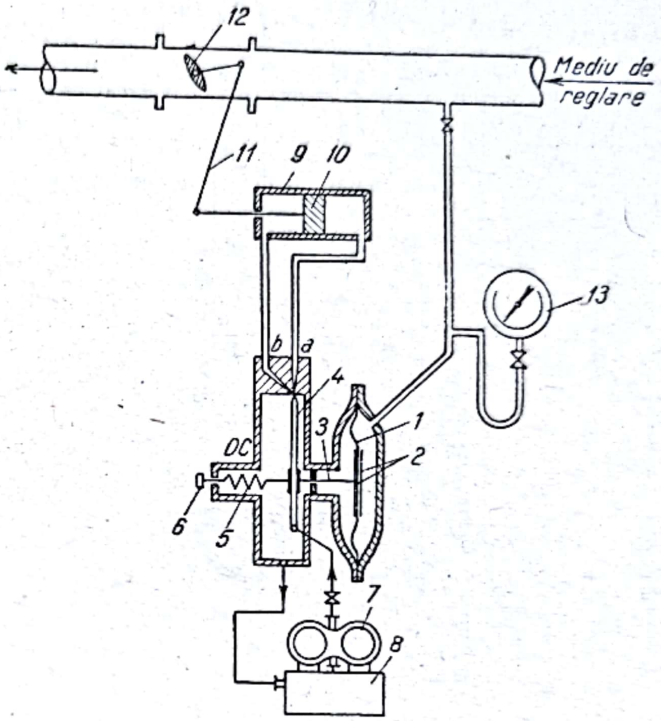


Fig. 5.37. Regulator hidraulic de presiune cu două poziţii:
1 — membrană; *2* — disc metalic; *3* — tijă; *4* — ejector; *5* — arc; *6* — şurub de reglare; *7* — pompă; *8* — rezervor de ulei; *9* — cilindru; *10* — piston; *11* — sistem de transmisie; *12* — paletă; *13* — manometru; *DC* — dispozitiv de comandă.

Regulatorul hidraulic de debit (fig. 5.38) funcţionează similar cu regulatorul de presiune reprezentat în fig. 5.37. Cînd debitul fluidului care trece prin diafragma *1* creşte peste valoarea prescrisă, diferenţa de presiune creşte şi membrana *2* se deplasează spre dreapta. Ejectorul *5* se deplasează de asemenea spre dreapta, iar uleiul sub presiune de la pompa de ulei trece din ejector, prin canalul *a*, în partea dreaptă a cilindrului *8*, deplasînd pistonul *9* spre stînga. Deplasarea spre stînga a pistonului *9* determină rotirea paletei *11* în sensul închiderii secţiunii de trecere a fluidului.

În mod similar, cînd debitul fluidului care trece prin diafragma *1* scade sub valoarea prescrisă, paleta *11* este rotită în sensul deschiderii secţiunii de trecere a fluidului.

Regulatorul hidraulic de debit (fig. 5.39) se foloseşte pentru presiuni statice cuprinse între 10 şi 160 kgf/cm^2.

În locul membranei, acesta este prevăzut cu două burdufuri metalice *1* şi *2* din ţeavă ondulată. Variaţia diferenţei de presiune creată în diafragma de măsurat debitul determină comprimarea sau destinderea burdufurilor metalice *1* şi *2*. Mişcarea acestora este transmisă ejectorului *9*.

Regulatorul hidraulic de temperatură (fig. 5.40) diferă de regulatoarele hidraulice descrise anterior prin construcţia aparatului de măsurat, care este un termometru manometric, compus din elementul de captare *1* şi arcul manometric *3*.

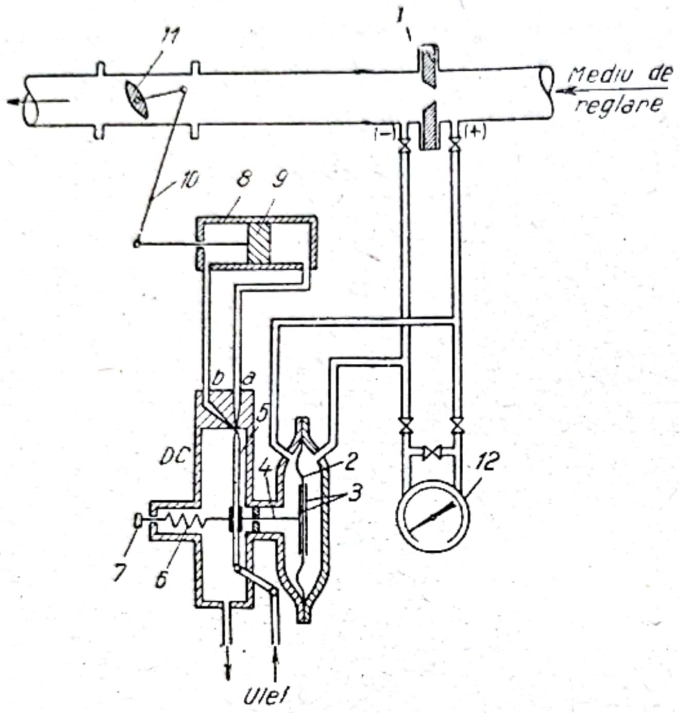


Fig. 5.38. Regulator hidraulic de debit cu două poziţii:

1 — diafragmă; *2* — membrană; *3* — disc metalic; *4* — tijă; *5* — ejector; *6* — arc; *7* — şurub de reglare; *8* — cilindru; *9* — piston; *10* — sistem de transmisie; *11* — paletă; *12* — manometru diferenţial; *DC* — dispozitiv de comandă.

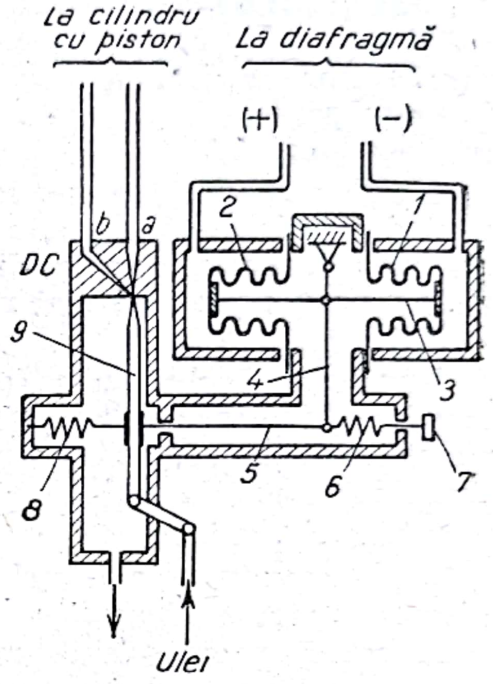


Fig. 5.39. Regulator hidraulic de debit cu două poziţii:

1, *2* — burduf metalic; *3*, *4*, *5* — tijă; *6*, *8* — arc; *7* — şurub de reglare; *9* — ejector; *DC* — dispozitiv de comandă.

Cînd temperatura fluidului la locul de instalare al elementului de captare *1* creşte peste valoarea prescrisă, arcul manometric *3* se destinde şi ejectorul *5* se deplasează spre dreapta. Uleiul sub presiune trece din ejector prin canalul *a* în partea dreaptă a cilindrului *8* şi pistonul *9* este deplasat spre stînga. Paleta *11* este rotită în sensul închiderii secţiunii de trecere a fluidului. Cînd temperatura fluidului la locul de instalare al elementului de captare *1* scade sub valoarea prescrisă, ejectorul 5 se deplasează la stînga, pistonul *9* se deplasează la dreapta şi paleta *11* deschide secţiunea de trecere a fluidului.

Un asemenea regulator de temperatură se foloseşte, de exemplu, pentru menţinerea constantă a temperaturii într-un rezervor prin variaţia corespunzătoare a debitului unui fluid cald care alimentează rezervorul.

O construcţie modificată a regulatorului de temperatură reprezentat permite funcţionarea inversă a acestuia şi anume la creşterea temperaturii peste valoarea prescrisă, paleta *11* măreşte secţiunea de trecere a fluidului.

Scanned with OKEN Scanner

şi invers, la scăderea temperaturii, secţiunea de trecere a fluidului este micşorată.

Regulatorul hidraulic de raport pentru debite (fig. 5.41) serveşte pentru menţinerea unui raport constant între debitele a două fluide *A* şi *B* prin reglarea corespunzătoare a debitului fluidului *B* în funcţie de debitul fluidului *A*.

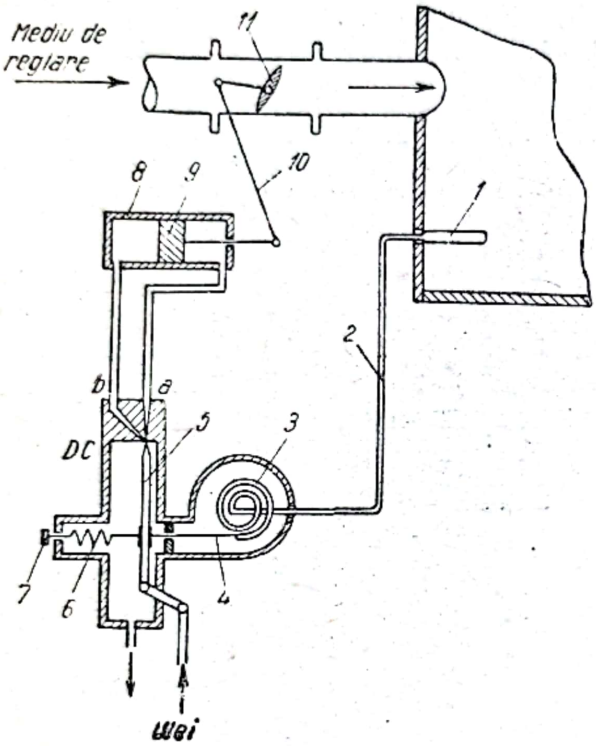


Fig. 5.40. Regulator hidraulic de temperatură cu două poziţii:

1 — element de captare; *2* — tub capilar; *3* — arc manometric; *4* — tijă; *5* — ejector; *6* — arc; *7* — şurub de reglare; *8* — cilindru; *9* — piston; *10* — sistem de transmisie; *11* — paletă; *DC* — dispozitiv de comandă.

Construcţia aparatului de măsurat este deosebită de cele expuse anterior, acesta fiind prevăzut cu două membrane. Debitele celor două fluide sînt măsurate cu diafragmele *1* şi *2*.

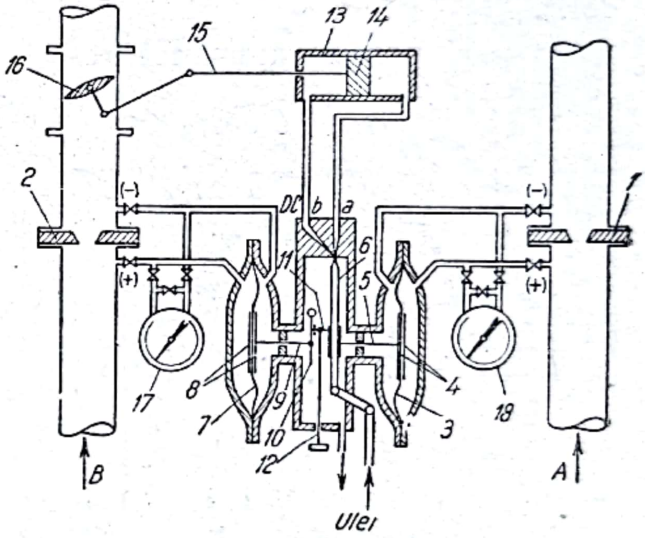


Fig. 5.41 Regulator hidraulic de raport pentru debit cu două poziţii:

1, *2* — diafragmă; *3*, *7* — membrană; *4*, *8* — disc; *5*, *9* — tijă; *6* — ejector; *10* — pîrghie; *11* — cursor; *12* — tijă de ajustare cu piuliţă; *13* — cilindru; *14* — piston; *15* — sistem de transmisie; *16* — paletă; *17*, *18* — manometru diferenţial; *DC* — dispozitiv de comandă.

Cînd, de exemplu, debitul fluidului *A* creşte peste valoarea prescrisă, diferenţa de presiune creată de diafragma *1* creşte şi membrana *3* se deplasează spre stînga. Ejectorul *6* se deplasează spre stînga şi uleiul sub presiune care vine de la pompa de ulei trece prin canalul *b* în partea stîngă a cilindrului *13* deplasînd spre dreapta pistonul *14*. Paleta *16* este rotită în sensul deschiderii orificiului de trecere al fluidului *B*. Creşterea debitului fluidului *B*, măsurat cu diafragma *2*, determină deplasarea spre dreapta a membranei *7*. Ejectorul *6* este de asemenea deplasat spre dreapta pînă la poziţia sa de mijloc şi deplasarea pistonului *14* încetează. Cu alte cuvinte, la creşterea debitului fluidului *A*, paleta *16* deschide orificiul de trecere a fluidului *B*, mărind debitul acestuia pînă la restabilirea echilibrului dintre diferenţele de presiune ale diafragmelor *1* şi *2*, deci a raportului prescris dintre cele două debite.

Scanned with OKEN Scanner

În mod similar, scăderea debitului fluidului *A* determină scăderea corespunzătoare a debitului fluidului *B* pînă la restabilirea raportului prescris.

Raportul dintre cele două debite se stabileşte iniţial prin alegerea corespunzătoare a diametrelor orificiilor diafragmelor. Ulterior raportul se modifică cu ajutorul cursorului *11* prin deplasarea acestuia cu ajutorul tijei de ajustare cu piuliţă *12*.

Cursorul *11* este astfel potrivit încît ejectorul *6* se află în poziţia sa de mijloc faţă de cele două canale *a* şi *b* cînd raportul dintre debitele fluidelor *A* şi B este cel dorit.

În mod normal asemenea regulatoare permit modificarea raportului de debit între limitele 0,7 şi 1,4.

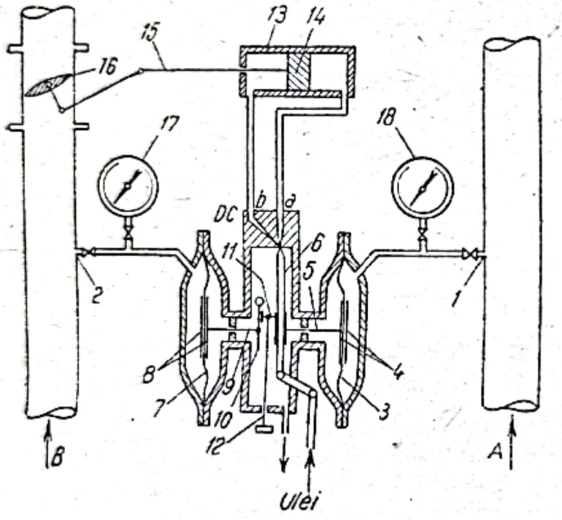


Fig. 5.42. Regulator hidraulic de raport pentru presiuni cu două poziţii:

1, 2 — priză pentru presiune; *3, 7* — membrană; *4, 8* — disc; *5, 9* — tijă; *6* — ejector; *10* — pîrghie; *11* — cursor; *12* — tijă de ajustare; *13* — cilindru; *14* — piston; *15* — sistem de transmisie; *16* — paletă; *17, 18* — manometru; *DC* — dispozitiv de comandă.

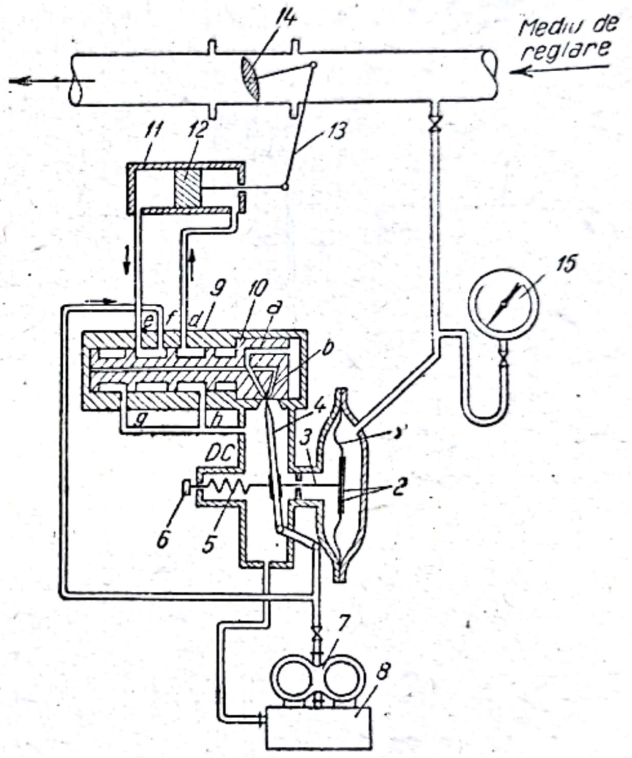


Fig. 5.43. Regulator hidraulic de presiune cu două poziţii:

1 — membrană; *2* — disc metalic; *3* — tijă; *4* — ejector; *5* — arc; *6* — şurub de reglare; *7* — pompă; *8* — rezervor de ulei; *9* — amplificator; *10, 12* — piston; *11* — cilindru; *13* — sistem de transmisie; *14* — paletă; *15* — manometru; *DC* — dispozitiv de comandă.

Regulatorul hidraulic de raport pentru presiuni reprezentat în fig. 5.42 este asemănător cu regulatorul de raport pentru debit descris anterior. Regulatorul menţine un raport constant între presiunile a două fluide *A* şi *B* prin modificarea corespunzătoare a presiunii fluidului *B* în funcţie de presiunea fluidului *A*.

Membranele sînt confecţionate din piele pentru presiuni pînă la 1 000 mm col. apă şi din metal pentru presiuni pînă la 10 kgf/cm^2. Pentru presiuni mai mari (pînă la 160 kgf/cm^2) sînt înlocuite cu burdufuri de oţel.

Scanned with OKEN Scanner

Regulatorul de nivel este similar constructiv cu regulatorul de debit reprezentat în fig. 5.38.

Funcţionarea regulatorului se bazează pe principiul cunoscut al măsurării nivelelor lichidelor cu ajutorul manometrelor diferenţiale. Presiunile care acţionează asupra membranei dispozitivului de comandă sînt presiunea de deasupra nivelului lichidului (din spaţiul de vapori) şi presiunea coloanei de lichid de la priza de presiune sub nivelul prescris a fi reglat, pînă la regulator.

Ca şi în cazul regulatoarelor pneumatice, regulatoarele hidraulice au fost perfecţionate prin introducerea amplificatorului hidraulic cu scopul reducerii întîrzierii de funcţionare a clapetei şi a micşorării forţei necesare pentru acţionarea acesteia.

Regulatorul hidraulic de presiune cu amplificator reprezentat în fig. 5.43 cuprinde un amplificator de o construcţie diferită de cea a amplificatorului descris anterior şi reprezentat în fig. 5.23, dar cu o funcţionare similară.

Cînd, de exemplu, presiunea fluidului care trece prin conductă creşte peste valoarea prescrisă, membrana *1* se deplasează spre stînga, determinînd deplasarea ejectorului *4* spre stînga. Lichidul de comandă de la pompa *7* trece din ejectorul *4* prin canalul *a* în spaţiul din dreapta al camerei amplificatorului *9*. Pistonul *10* al amplificatorului de construcţie specială se deplasează la stînga. În acelaşi timp uleiul intră în amplificator prin canalul *f* şi iese prin deschiderea *e* pătrunzînd în partea stîngă a cilindrului *11* şi deplasează pistonul *12* spre dreapta. Uleiul din partea dreaptă a cilindrului *11* se scurge prin canalele *d* şi *h* în rezervorul *8*, în vederea recirculării. Pistonul *10* al amplificatorului este astfel dimensionat încît forţa uleiului care acţionează în cilindrul *1* este amplificată.

Deplasarea spre dreapta a pistonului *12* determină rotirea paletei *14* în sensul micşorării secţiunii de trecere a fluidului.

Cînd presiunea fluidului scade sub valoarea prescrisă, membrana *1* se deplasează la dreapta deplasînd ejectorul *4* de asemenea la dreapta. Uleiul sub presiune trece prin canalul *b* în spaţiul din stînga al camerei amplificatorului. Pistonul *10* se deplasează spre dreapta (fig. 5.44).

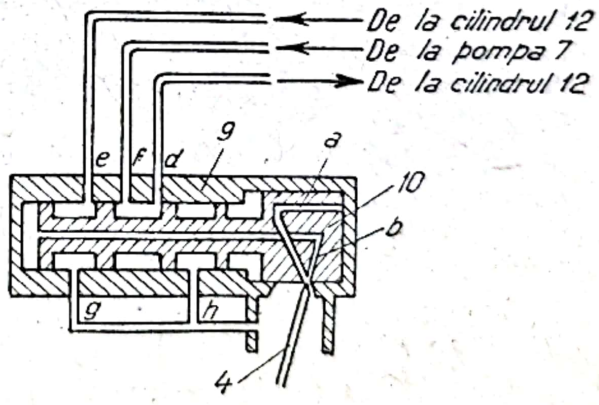


Fig. 5.44. Amplificator pentru regulator hidraulic:
4 — ejector; *9* — amplificator; *10* — piston.

În acelaşi timp uleiul intră în amplificator prin canalul *f* şi trece prin canalul *d* (canalul *e* fiind închis) în partea dreaptă a pistonului *12* (v. fig. 5.43), deplasîndu-l spre stînga. Uleiul din partea stîngă a cilindrului *11* se scurge prin canalele *e* şi *g* în rezervorul *8*.

Paleta *14* se roteşte în sensul măririi secţiunii de trecere a fluidului.

Scanned with OKEN Scanner

Regulatorul de debit, regulatorul de temperatură şi regulatorul de raport cu amplificator sînt asemănătoare constructiv cu regulatoarele reprezentate în fig. 5.38, 5.39, 5.40, 5.41 şi 5.42 cu adaosul amplificatorului şi funcţionează pe acelaşi principiu ca regulatorul descris anterior şi reprezentat în fig. 5.43.

Regulatorul electric cu două poziţii (fig. 5.45) reprezintă unul dintre tipurile cele mai simple întîlnite în procesele chimice. Motorul electric folosit este de tipul nereversibil şi este prevăzut cu un întrerupător cu camă.

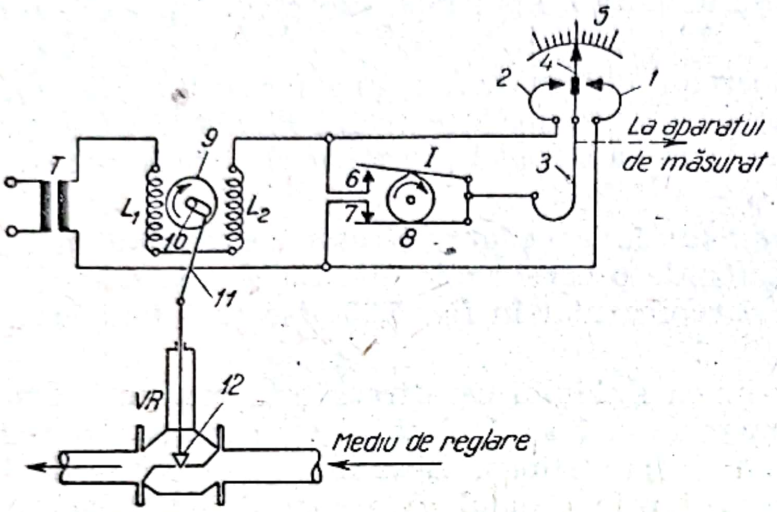


Fig. 5.45. Regulator electric cu două poziţii:
1 — contact de maxim mobil; *2* — contact de minim mobil; *3* — lamă de contact; *4* — indicator; *5* — cadran; *6, 7* — contact; *8* — camă; *9* — motor; *10* — braţ de manivelă; *11* — tijă; *12* — ventil cu un scaun; L_1, L_2 — bobină; *T* — transformator; *I* — întrerupător cu camă; *VR* — ventil de reglare.

Regulatorul poate servi la reglarea automată a temperaturii, presiunii, debitului, nivelului, pH-ului şi, în general, a oricărui parametru care poate fi transformat într-o mărime electrică.

Creşterea valorii parametrului reglat peste valoarea prescrisă determină deplasarea indicatorului *4* spre dreapta şi stabilirea contactului de maxim. Circuitul electric format este arătat în schema electrică din fig. 5.46,*a*.

Rotorul *9* al motorului electric se roteşte în sensul acelor ceasornicului, deplasînd în sus tija *11*, şi deschide astfel orificiul de trecere al ventilului de reglare.

În acelaşi timp, rotorul *9* roteşte cama întrerupătorului cuplată cu acesta, închizînd după o rotire de 90° contactul 7 (fig. 5.46,*b*). Se formează un circuit electric care trece prin contactele *6* şi 7, deoarece rezistenţa circuitului prin aceste contacte este mai mică decît prin contactul *1*.

Motorul electric se opreşte după ce braţul manivelei *10* a efectuat o rotire de 180° (fig. 5.46,*c*), circuitul electric fiind întrerupt.

Circuitul electric format în cazul scăderii parametrului reglat sub valoarea prescrisă (stabilirea contactului de minim) este reprezentat în fig. 5.47. Stabilirea contactului de minim determină formarea unui circuit prin contactul *2* şi rotirea axului *9* al rotorului electric. Tija *11* se deplasează în jos închizînd orificiul de trecere al ventilului de reglare (fig 5.47,*a*). Rotirea axului *9* determină rotirea camei *8* şi închiderea contactului *6*. Circuitul electric format trece prin contactele *6* şi 7 (fig. 5.47 *b*,).

Motorul electric se opreşte cînd braţul manivelei *10* a efectuat o rotire de 180° (fig. 5.47,*c*).

Scanned with OKEN Scanner

Multe regulatoare automate electrice cu două poziţii folosesc în locul ventilului de reglare cu motor electric ventile magnetice.

5.6.2. **Regulatorul cu trei poziţii** este o extindere a regulatorului cu două poziţii, făcută în scopul unei reglări mai precise. Parametrul de

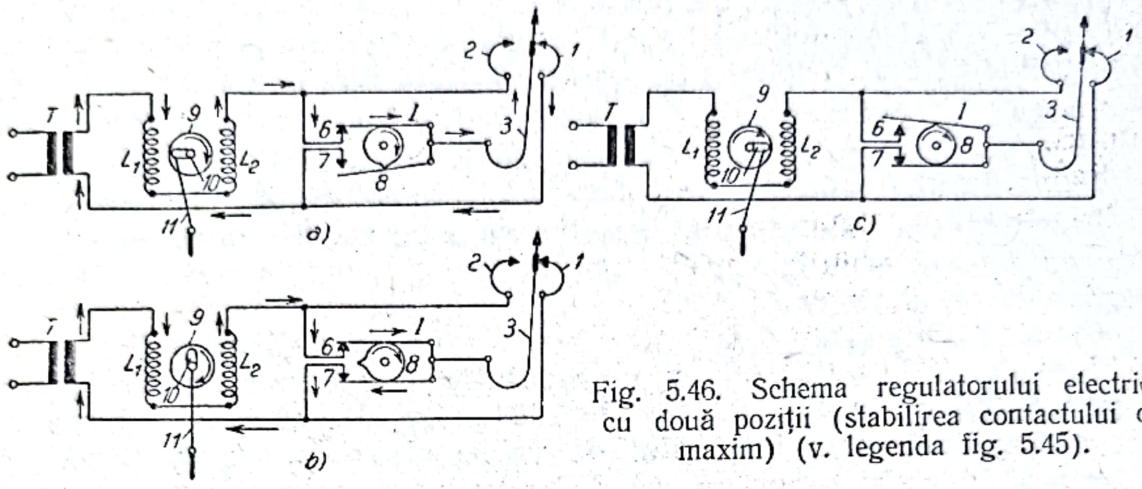


Fig. 5.46. Schema regulatorului electric cu două poziţii (stabilirea contactului de maxim) (v. legenda fig. 5.45).

reglare creşte cu o valoare oarecare cuprinsă între 0 şi 100% atunci cînd valoarea parametrului reglat se află în intervalul de insensibilitate.

5.6.3. **Regulatorul cu mai multe poziţii** funcţionează similar. Variaţia parametrului reglat în afara intervalului de insensibilitate determină variaţia parametrului de reglare la una din valorile prestabilite.

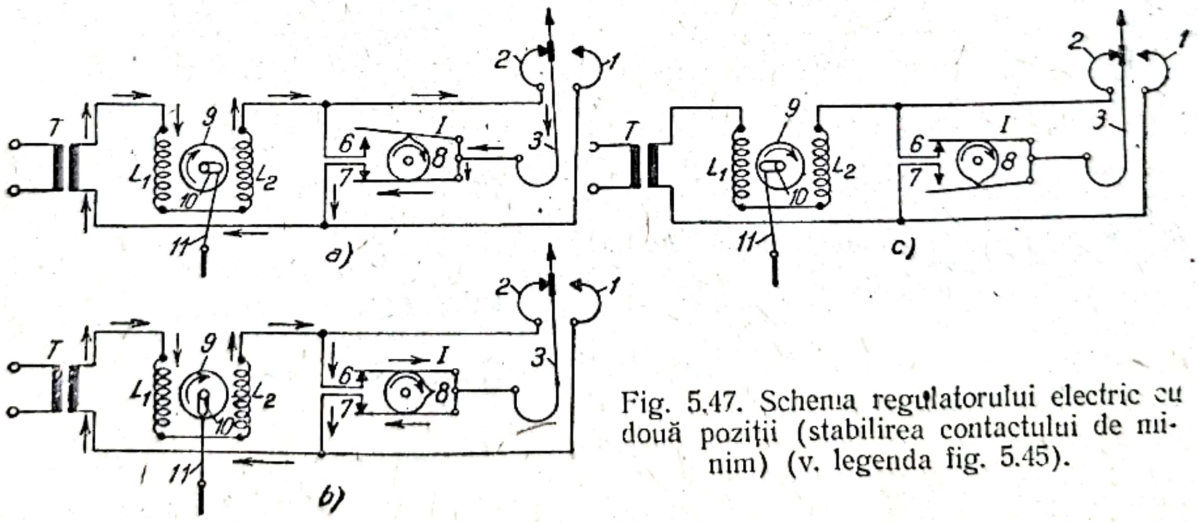


Fig. 5.47. Schema regulatorului electric cu două poziţii (stabilirea contactului de minim) (v. legenda fig. 5.45).

Regulatoarele cu două sau mai multe poziţii sînt larg răspîndite în procesele chimice şi în majoritatea celorlalte procese industriale deoarece prezintă o construcţie simplă, sînt ieftine şi pot fi cu uşurinţă adaptate la procese diferite.

Exemplele de folosire ale acestor regulatoare sînt numeroase. Ne mărginim să indicăm numai larga lor utilizare la condiţionarea aerului şi la schimbătoarele de căldură.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece așa cum rezultă din fig. 5.33 și 5.34 parametrul reglat are o valoare oscilatorie, în multe procese chimice asemenea regulatoare sînt neindicate.

5.6.4. **Regulatorul cu acțiune proporțională** (regulatorul *P*). Dacă regulatorul cu două poziții descris anterior reprezintă tipul cel mai cunoscut, regulatorul cu acțiune proporțională, denumit pe scurt regulator *P*, este tipul cel mai răspîndit în procesele chimice.

Larga sa răspîndire se datorește faptului că foarte multe procese chimice nu permit variații oscilatorii ale parametrilor reglați.

Regulatorul *P* este denumit adeseori în literatură regulator static.

Funcționarea regulatorului *P* se bazează pe ecuația (5.3). În conformitate cu această ecuație variația parametrului de reglare este direct proporțională cu abaterea.

Constanta α se referă la intervalul de proporționalitate definit anterior ca intervalul de valori ale parametrului reglat care determină variația parametrului de reglare de la 0 la 100%. Cu alte cuvinte, intervalul de proporționalitate este intervalul de valori ale parametrului reglat care determină deplasarea organului de execuție dintr-o poziție extremă la cealaltă.

În general, intervalul de proporționalitate este exprimat în procente din scara aparatului.

Prin diferențierea ecuației (5.3) se obține:

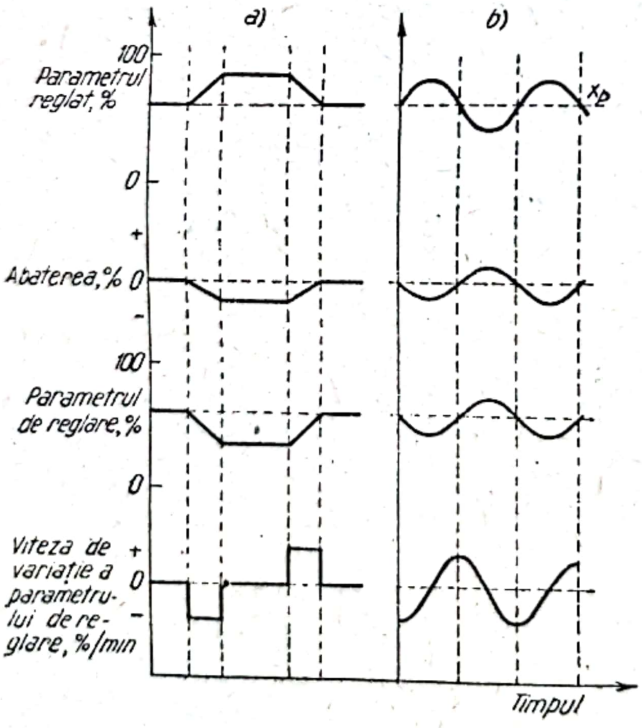


Fig. 5.48. Reacția regulatorului cu acțiune proporțională:
x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\alpha}\frac{dx}{dt}. \qquad (5.29)$$

Viteza de variație a parametrului de reglare este proporțională cu viteza de variație a abaterii.

În fig. 5.48 este reprezentată grafic reacția regulatorului *P* la o variație finită (*a*) și sinusoidală (*b*) a parametrului reglat.

Din ecuația (5.3), (5.29) și fig. 5.48 rezultă următoarele:

— Curbele care reprezintă abaterea sînt calculate pe baza diferenței $x_p - x_0$, x fiind valoarea prescrisă și x_0 valoarea reglată.

— Curbele variației parametrului de reglare sînt calculate pe baza ecuației (5.3).

Scanned with OKEN Scanner

— Curbele vitezei de variaţie a parametrului de reglare sînt calculate pe baza ecuaţiei (5.29).

— Cînd abaterea are valoarea zero valoarea parametrului de reglare este egală cu C_1, chiar dacă anterior abaterea a avut valoare diferită de zero.

— Viteza de variaţie a parametrului de reglare are valoarea zero cînd abaterea are valoarea zero sau o valoare constantă.

— Parametrul de reglare variază numai atunci cînd variază abaterea.

Faţă de regulatorul cu două poziţii, regulatorul *P* este caracterizat prin faptul că parametrul reglat ajunge la o valoare constantă care se menţine pînă la apariţia unei noi perturbaţii.

Curba variaţiei parametrului reglat depinde de mărimea intervalului de proporţionalitate.

În fig. 5.49 este arătată variaţia parametrului reglat în funcţie de variaţia încărcării obiectului la diferite mărimi ale intervalului de proporţionalitate.

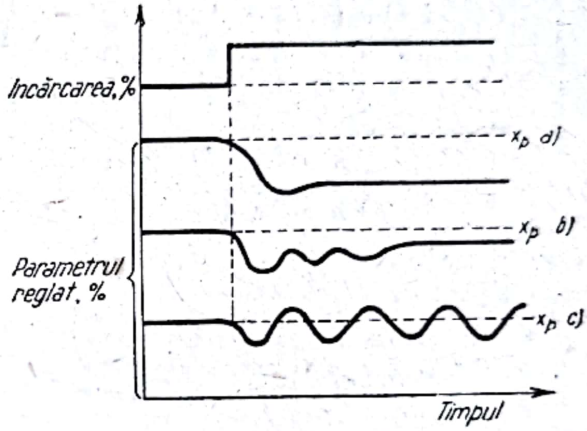


Fig. 5.49. Variaţia parametrului reglat la regulatorul cu acţiune proporţională:
a — interval de proporţionalitate mare; *b* — interval de proporţionalitate mediu; *c* — interval de proporţionalitate mic; x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

Din fig. 5.49 rezultă că atunci cînd intervalul de proporţionalitate este mare, abaterea parametrului reglat faţă de valoarea prescrisă este de asemenea mare. Cînd intervalul de proporţionalitate este mic variaţia parametrului reglat este oscilatorie. Mărimea optimă a intervalului de proporţionalitate este aceea care determină variaţia parametrului reglat după o curbă amortizată (*b*).

Regulatoarele *P* sînt caracterizate printr-o abatere permanentă a valorii parametrului reglat faţă de valoarea prescrisă. Cu alte cuvinte, valoarea parametrului reglat nu revine la valoarea prescrisă după încetarea acţiunii de reglare, ci la o valoare apropiată. Acest dezavantaj face inaplicabilă utilizarea regulatoarelor *P* la procese care au loc cu variaţii mari şi frecvente ale încărcării.

Majoritatea regulatoarelor *P* sînt prevăzute cu un dispozitiv manual pentru readucerea parametrului reglat la valoarea prescrisă după o variaţie mare a încărcării.

Regulatorul pneumatic cu acţiune proporţională reprezentat schematic în fig. 5.50 este folosit pentru temperatură, debit, nivel sau presiune după felul aparatului de măsurat.

Deşi există o serie întreagă de tipuri de asemenea regulatoare diferind între ele constructiv, funcţionarea lor este similară cu a regulatorului reprezentat în fig. 5.50. Comparînd regulatorul cu acţiune proporţională cu

regulatorul cu două poziţii (fig. 5.36) se constată că primul se deosebeşte de ultimul prin introducerea unui releu R (denumit releu primar). Releul asigură acţiunea proporţională a regulatorului conform ecuaţiei (5.3).

Funcţionarea regulatorului decurge în modul următor: cînd obturatorul *9* închide ajutajul *2*, ca urmare a deplasării indicatorului *12* la dreapta, presiunea aerului creşte deasupra burdufului metalic dublu *6* determinînd comprimarea acestuia. Obturatorul *5* închide ajutajul de evaluare *7* şi deschide ajutajul *4*. Presiunea aerului creşte deasupra membranei *18* deplasînd-o şi variind astfel debitul mediului de reglare. Simultan cu creşterea presiunii deasupra membranei *18* presiunea creşte deasupra burdufului metalic *16* al releului *R*, comprimîndu-l. Comprimarea burdufului metalic *16* determină prin intermediul tijei *14* readucerea obturatorului *9* la poziţia pe care a avut-o înainte de deplasarea indicatorului *12* ca urmare a ivirii unei perturbaţii în proces. Acţiunea regulatorului încetează.

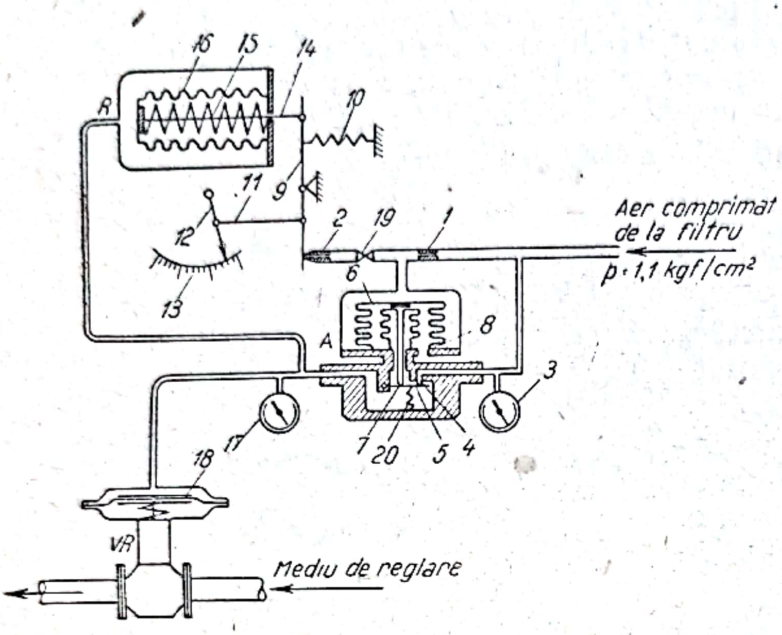


Fig. 5.50. Regulator pneumatic cu acţiune proporţională: *1* — strangulare; *2*, *4* — ajutaj; *3*, *17* — manometru; *5*, *9* — obturator; *6* — burduf metalic dublu; *7* — ajutaj de evacuare; *8* — orificiu de evacuare; *10*, *15*, *20* — arc; *11*, *14* — tijă; *12* — indicator; *13* — cadran; *16* — burduf metalic; *18* — membrană; *19* — robinet cu ventil; *R* — releu primar; *A* — amplificator (releu secundar); *VR* — ventil de reglare.

Cînd obturatorul *9* deschide ajutajul *2*, ca urmare a deplasării spre stînga a indicatorului *12*, presiunea aerului deasupra burdufului metalic dublu *6* scade şi acesta se destinde. Destinderea burdufului metalic determină închiderea ajutajului *4* de către obturatorul *5* şi deschiderea ajutajului *7*. Presiunea aerului deasupra membranei *18* scade, aerul de deasupra acesteia fiind evacuat în atmosferă prin ajutajul *7* şi orificiul de evacuare *8*. Simultan cu scăderea presiunii aerului deasupra membranei *18* are loc scăderea presiunii din exteriorul burdufului *16*. Destinderea acestuia determină readucerea obturatorului *9* la poziţia pe care a avut-o înainte de ivirea perturbaţiei în proces.

Schema din fig. 5.50 este simplificată. În realitate, deplasarea obturatorului *9* de către indicatorul *12* şi burduful metalic *16* este realizată cu ajutorul unor pîrghii şi tiranţi cum s-a arătat în fig. 5.51. Deplasarea indicatorului valorilor reglate de exemplu la dreapta ridică tirantul *1*. Pîrghia cu trei braţe *2* se roteşte în jurul axului *4*, ştiftul *3* depărtîndu-se

de obturatorul 5. Acesta din urmă, sub acţiunea arcului *6*, acoperă ajutajul *8*. Conform celor expuse anterior, închiderea ajutajului *8* determină creşterea presiunii deasupra membranei ventilului de reglare, ceea ce determină variaţia corespunzătoare a debitului mediului de reglare care trece prin acesta şi simultan creşterea presiunii în exteriorul burdufului metalic *9* al releului primar *R*. Prin comprimarea burdufului metalic 9, tija *10* şi ştiftul *11*, conectat la aceasta, se deplasează la dreapta. Mişcarea este transmisă pîrghiei *17* prin intermediul pîrghiei *12* şi ştiftului *14* montat la pîrghia *15*. Deplasarea spre dreapta a pîrghiei *17* depărtează obturatorul 5 de ajutajul *8* cu aproximativ aceeaşi distanţă cu care l-a apropiat actiunea indicatorului valorilor reglate prin intermediul pîrghiei cu trei braţe *2* şi ştiftul *4* conectat la aceasta.

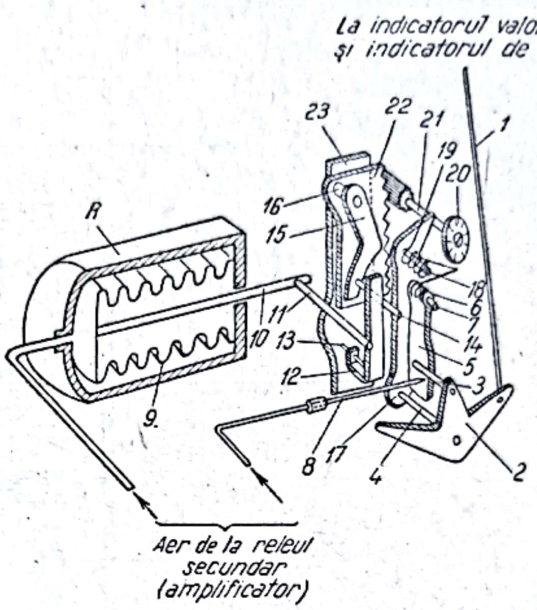


Fig. 5.51. Mecanismul de deplasare al obturatorului: *1* — tirant; *2* — pîrghie cu trei braţe; *3, 11, 14, 18* — ştift; *4, 7, 13, 16* — ax; *5* — obturator; *6, 19* — arc; *8* — ajutaj; *9* — burduf metalic; *10* — tijă; *12, 15, 17, 23* — pîrghie; *20* — disc gradat pentru intervalul de proporţionalitate; *21* — ax dinţat; *22* — pîrghie dinţată; *R* — releu primar.

Mărimea deplasării obturatorului 5 de către burduful metalic *9* se stabileşte cu discul gradat *20* montat la axul dinţat *21* prin rotirea căruia este deplasată în sus sau în jos pîrghia dinţată *22* şi o dată cu aceasta pîrghia *15* cu ştiftul *14*. Fiecare poziţie a ştiftului *14* corespunde unei mărimi a intervalului de proporţionalitate. Scara discului *20* reprezintă valorile intervalului de proporţionalitate şi este gradată în procente. Deşi construcţia altor regulatoare *P* este diferită, funcţionarea lor este similară cu a regulatorului reprezentat în fig. 5.50.

O particularitate atît în ceea ce priveşte construcţia, cît şi modul de funcţionare o prezintă regulatoarele de temperatură prevăzute cu compensator de presiune. Acestea sînt folosite în procesele la care variaţiile de temperatură ale mediului reglat sînt însoţite de variaţiile de presiune ale mediului de reglare.

Regulatorul de temperatură cu compensator de presiune, reprezentat schematic în fig. 5.52, se deosebeşte de regulatorul *P* descris anterior (v. fig. 5.50) printr-o construcţie diferită a releului primar şi secundar şi prin apariţia dispozitivului de compensare a presiunii, format dintr-un burduf metalic şi transmisia respectivă la obturator.

Modul de funcţionare al regulatorului este următorul: cînd temperatura mediului în care se află introdus elementul de captare *14* creşte peste

valoarea prescrisă, arcul manometric *12* se destinde determinînd închiderea ajutajului *2* de către obturatorul *9*.

Aerul comprimat de la filtru trece prin strangularea *1* şi pătrunde în camera *a* a amplificatorului *A*. Creşterea presiunii aerului în această cameră determină deplasarea spre exterior a membranelor metalice *5* şi *6*, deschiderea orificiului ventilului *7* şi închiderea orificiului ventilului *8*,

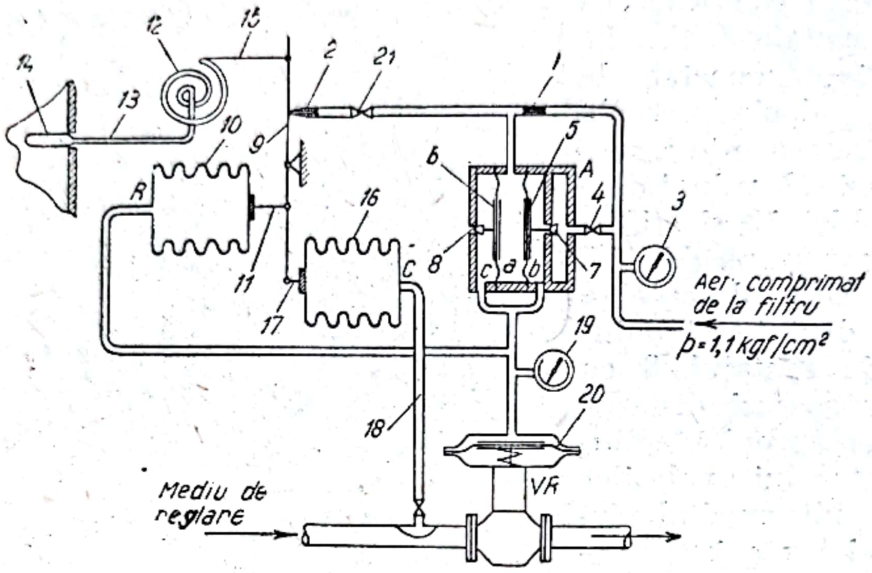


Fig. 5.52. Regulator pneumatic de temperatură cu acţiune proporţională, cu compensator de presiune:
1 — strangulare; *2* — ajutaj; *3*, *19* — manometru; *4* — orificiu reglabil; *5*, *6* — membrană; *7*, *8* — ventilul conic; *9* — obturator; *10* — burduf metalic de captare; *11*, *15*, *17* — tijă; *12* — arc manometric; *13* — tub capilar; *14* — element de captare; *16* — burduf metalic; *18* — conductă de impuls; *20* — membrană; *21* — robinet cu ventil; *A* — amplificator; *R* — releu primar; *C* — compensator; *VR* — ventil de reglare.

aerul comprimat pătrunzînd în camerele *b* şi *c*. Cînd presiunea din camerele *b* şi *c* devine egală cu presiunea din camera *a*, membranele *5* şi *6* revin la poziţia lor normală, orificiile ventilelor *7* şi *8* fiind închise. Presiunea aerului din camerele *b* şi *c* determină deplasarea în jos a membranei *20* a ventilului de reglare *VR* şi în consecinţă modificarea corespunzătoare a debitului mediului de reglare.

Simultan cu creşterea presiunii deasupra membranei *20* are loc creşterea presiunii în interiorul burdufului metalic *10*, acesta destinzîndu-se. Destinderea burdufului metalic *10* determină deplasarea obturatorului *9* şi deschiderea ajutajului *2*. Presiunea aerului comprimat scade în camera *a*, membranele *5* şi *6* se deplasează spre interior, orificiul ventilului *7* se închide, iar orificiul ventilului *8* se deschide. Aerul din camerele *b* şi *c* de deasupra membranei *20* şi din interiorul burdufului metalic *10* este evacuat în atmosferă prin orificiul deschis al ventilului *8*. Membrana *20* revine la poziţia sa iniţială.

În mod asemănător, cînd temperatura mediului în care se află introdus elementul de captare *14* scade sub valoarea prescrisă, presiunea deasupra membranei *20* scade, ventilul de reglare *VR* modificînd corespunză-

Scanned with OKEN Scanner

tor debitul mediului de reglare. Simultan cu scăderea presiunii deasupra membranei *20*, presiunea scade în interiorul burdufului metalic *10*. Comprimirea acestuia determină închiderea ajutajului *2* de către obturatorul *9*. Presiunea în camera *a* crește, orificiul ventilului *8* se închide, iar orificiul ventilului *7* se deschide. Presiunea deasupra membranei *20* crește, aceasta deplasîndu-se pînă la poziția sa inițială.

Variațiile de presiune ale mediului de reglare sînt transmise burdufului metalic *16* prin conducta de impuls *18*. Cînd, de exemplu, presiunea mediului de reglare crește, burduful metalic *16* se destinde determinînd deplasarea obturatorului *9* și închiderea ajutajului *2*. Presiunea aerului comprimat deasupra membranei *20* crește, ventilul de reglare *VR* modificînd corespunzător debitul mediului de reglare independent de variațiile presiunii mediului în care este introdus elementul de captare *14*.

În mod similar, scăderea presiunii mediului de reglare determină deschiderea ajutajului *2* și scăderea presiunii deasupra membranei *20*.

Prin urmare, burduful metalic *16* are rolul de a compensa variațiile de presiune ale mediului de reglare, prin deplasarea corespunzătoare a obturatorului *9* față de ajutajul *2* și deci prin variația debitului mediului de reglare care trece prin ventilul de reglare *VR*.

Regulatorul hidraulic cu acțiune proporțională, reprezentat schematic în fig. 5.53, este folosit pentru reglarea presiunii, temperaturii, debitului sau nivelului lichidelor. Tija *1* este conectată la sistemul de măsurat respectiv.

Spre deosebire de regulatoarele cu două poziții descrise anterior (v. fig. 5.37, 5.38, 5.40, 5.41 și 5.42), regulatorul *P* este prevăzut cu un cilindru auxiliar *7* care are tocmai rolul introducerii funcției proporționale (ecuația 5.3).

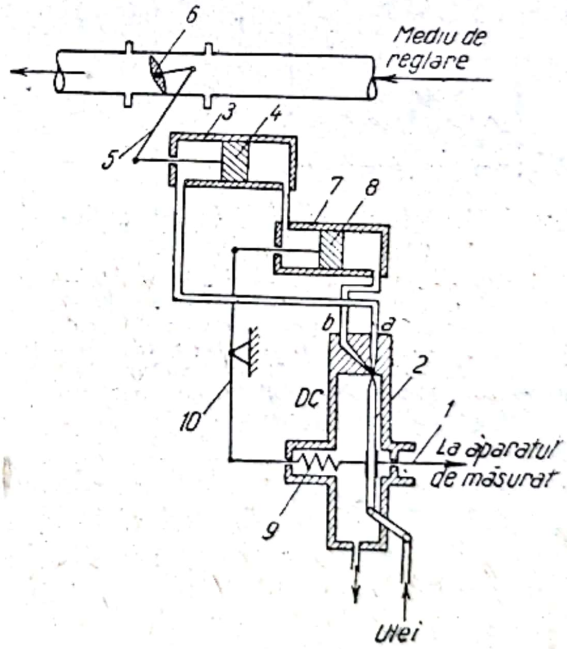


Fig. 5.53. Regulator hidraulic cu acțiune proporțională:

1 — tijă; *2* — ejector; *3* — cilindru; *4*, *8* — piston; *5*, *10* — sistem de transmisie; *6* — paletă; *7* — cilindru auxiliar; *9* — arc; *DC* — dispozitiv de comandă.

Funcționarea regulatorului se desfășoară în modul următor: deplasarea spre dreapta a tijei *1*, ca urmare a variației parametrului reglat măsurat cu sistemul de măsurat, determină deplasarea spre dreapta a ejectorului *2*. Uleiul de la pompa de ulei cu presiune trece din ejector prin canalul *a* al dispozitivului de comandă *DC* în partea stîngă a cilindrului *3* deplasînd spre dreapta pistonul *4*. Prin intermediul sistemului de transmisie *5* paleta *6* se rotește în sensul închiderii secțiunii de trecere a fluidului prin conducte. În același timp, uleiul din partea dreaptă a cilindrului *3* este împins de pistonul *4* în partea stîngă a cilindrului auxi-

liar 7. Presiunea uleiului deplasează spre dreapta pistonul 8, deplasarea acestuia readucînd la poziţia iniţială ejectorul 2, ceea ce are ca urmare încetarea deplasării pistonului 4. În mod similar deplasarea spre stînga a ejectorului 2 determină trecerea uleiului prin canalul *b* în partea dreaptă a cilindrului auxiliar 7, deplasînd spre stînga pistonul 8. Urmează două acţiuni simultane şi anume: a) deplasarea spre stînga a pistonului 4 ca urmare a trecerii uleiului din partea stîngă a cilindrului 7 în partea dreaptă a cilindrului 3 şi rotirea paletei 6 în sensul deschiderii secţiunii de trecere a fluidului şi b) readucerea ejectorului 2 la poziţia sa iniţială prin intermediul sistemului de transmisie 10 şi încetarea deplasării pistonului 4.

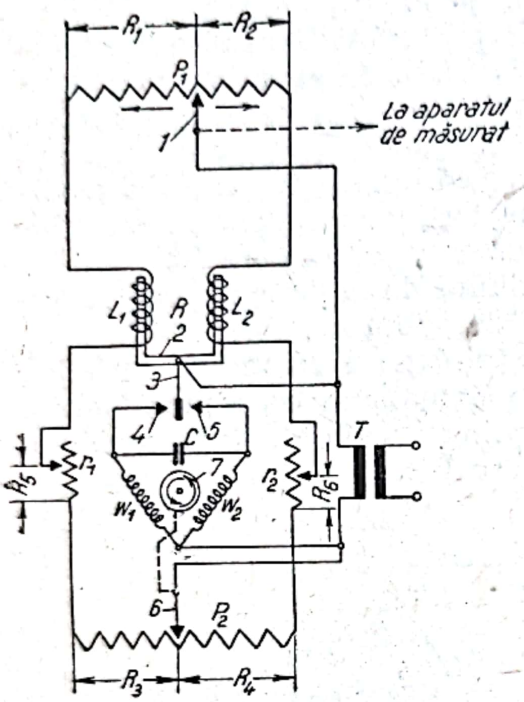


Fig. 5.54. Regulator electric cu acţiune proporţională:

1, 4, 5, 6 — contact; *2* — armătură; *3* — lamă de contact; *7* — ax de motor; P_1 — potenţiometru; P_2 — potenţiometru de echilibrare; *R* — releu; *C* — capacitor; W_1, W_2, L_1, L_2 — bobine; *T* — transformator; r_1, r_2 — rezistenţe variabile pentru reglarea intervalului de proporţionalitate.

Regulatorul de raport pentru debite şi regulatorul de raport pentru presiune sînt similare cu regulatoarele cu două poziţii descrise anterior (fig. 5.41, 5.42) cu adaosul cilindrului auxiliar.

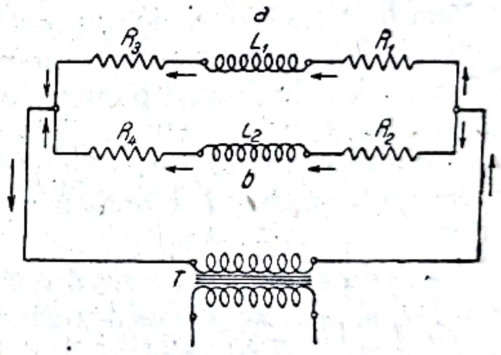


Fig. 5.55. Schema simplificată a circuitului electric din fig. 5.54.

Regulatorul electric cu acţiune proporţională, reprezentat schematic în fig. 5.54, este tipul de regulator electric cel mai utilizat în procesele chimice. Poate fi folosit ca regulator de temperatură, de umiditate şi de presiune.

Regulatorul este format dintr-un potenţiometru variabil P_1, un releu balansor *R*, un motor electric de tip capacitor reversibil, un potenţiometru de echilibrare P_2 şi un ventil de reglare electric.

Releul balansor *R* este format dintr-o armătură în formă de U la capetele căreia sînt două bobine L_1 şi L_2. Pe axa de simetrie a armăturii este fixată o lamă de contact 3.

Potenţiometrul P_1 constă dintr-o bobină formată dintr-o rezistenţă şi un contact care se deplasează pe aceasta. Deplasarea contactului este determinată de aparatul de măsurat.

Potenţiometrul P_2 este identic din punct de vedere electric cu potenţiometrul P_1. Contactul electric este deplasat de axul motorului.

Simplificînd schema din fig. 5.54 în modul arătat în fig. 5.55, se observă că este vorba de o punte Wheatstone modificată.

Bobinele L_1 şi L_2 avînd aceeaşi rezistenţă cînd $R_5=R_6$, cantităţile de curent care trec prin cele două braţe a şi b ale circuitului sînt egale cînd:

$$R_1+R_3=R_2+R_4.$$

Funcţionarea regulatorului decurge în modul următor: se consideră rezistenţele variabile r_1 şi r_2 astfel potrivite încît $R_5=R_6$. Cînd cantităţile de curent care trec prin bobinele L_1 şi L_2 sînt egale, lama de contact *3* se află la jumătatea distanţei dintre cele două contacte *4* şi *5* şi axul *7* al motorului electric este în repaus.

Dacă, de exemplu, contactul *1* se deplasează la stînga ca urmare a variaţiei parametrului reglat, măsurat cu aparatul de măsurat al regulatorului, cantitatea de curent care trece prin bobina L_1 este mai mare şi lama de contact *3* se deplasează la stînga formînd un circuit electric. Curentul electric trece de la transformator direct la bobina W_1 a motorului electric. Prin capacitorul C curentul electric trece şi la cealaltă bobină a motorului.

Axul *7* al motorului se roteşte în direcţia corespunzătoare pînă la întreruperea curentului.

Rotirea axului *7* determină deplasarea contactului *6* la o nouă poziţie. Cînd contactul *6* ajunge într-o astfel de poziţie încît cantităţile de curent care trec prin cele două bobine L_1 şi L_2 sînt egale, cu alte cuvinte cînd este îndeplinită egalitatea:

$$R_1+R_3=R_2+R_4 \text{ (fig. 5.55)}$$

armătura *2* îşi recapătă poziţia de echilibru şi contactul *3* revine la jumătatea distanţei dintre cele două contacte *4* şi 5. Rotirea axului *7* încetează.

În mod asemănător deplasarea spre dreapta a contactului *1* determină trecerea prin bobina L_2 a unei cantităţi de curent mai mari decît cea care trece prin bobina L_1. Lama de contact *3* se deplasează la dreapta şi curentul electric trece direct de la transformatorul T la bobina W_2 şi prin capacitorul C la bobina W_1. Axul *7* se roteşte de data aceasta în sens opus pînă cînd deplasarea contactului *6* determină echilibrarea circuitului electric.

Din cele expuse se constată că axul *7* al motorului este pus în mişcare ori de cîte ori contactul *1* al potenţiometrului P_1 acţionat de către aparatul de măsurat dezechilibrează rezistenţa circuitului. Rotirea axului continuă pînă cînd contactul *6* al potenţiometrului P_2 ajunge la poziţia care corespunde echilibrului rezistenţei circuitului electric.

Rotirea axului *7* determină închiderea şi respectiv deschiderea orificiului de trecere al unui ventil electric.

Scanned with OKEN Scanner

Rezistenţele r_1 şi r_2 sînt pentru varierea intervalului de proporţionalitate al regulatorului. Variaţia acestora permite echilibrarea rezistenţei circuitului electric la o proporţionalitate dorită între deplasarea contactului *1* şi a contactului *6*.

Regulatorul cu acţiune directă de tipul P este răspîndit în multe procese chimice, datorită simplităţii construcţiei şi funcţionării fără energie auxiliară. Dezavantajul principal al acestui regulator constă în faptul că nu poate fi instalat la tablouri, ci numai local.

Regulatorul de nivel, reprezentat schematic în fig. 5.56, funcţionează în modul următor:

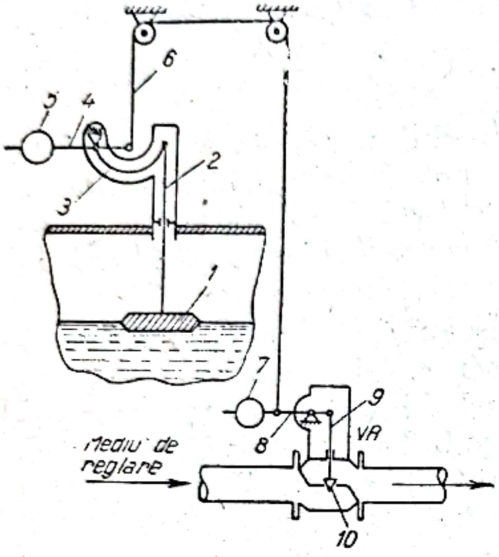


Fig. 5.56. Regulator de nivel cu acţiune directă:
1 — plutitor; *2*, *9* — tijă; *3* — arc; *4*, *8* — pîrghie; *5*, *7* — contragreutate; *6* — cablu; *10* — ventil; *VR* — ventil de reglare.

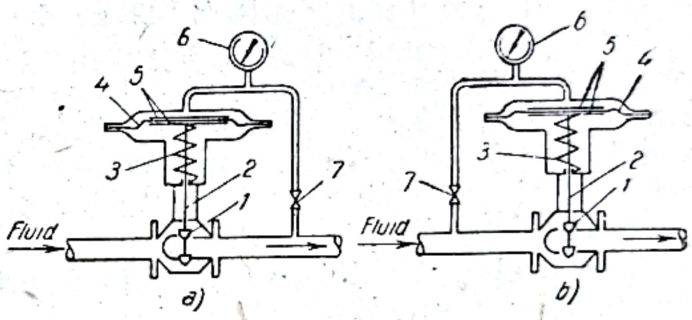


Fig. 5.57. Regulator de presiune cu acţiune directă:
1 — ventil cu două scaune; *2* — tijă; *3* — arc; *4* — membrană; *5* — disc; *6* — manometru; *7* — robinet.

Creşterea nivelului lichidului în vasul în care este instalat plutitorul *1* determină deplasarea în sus a acestuia şi comprimarea arcului *3*. Capătul drept al pîrghiei *4* se deplasează în jos şi de asemenea capătul drept al pîrghiei *8* prin intermediul cablului *6*. Deplasarea în jos a tijei *9* determină închiderea orificiului de trecere al ventilului *10* şi în consecinţă micşorarea corespunzătoare a debitului mediului de reglare.

În mod similar, deplasarea în jos a plutitorului *1* determină deschiderea orificiului de trecere al ventilului *10* şi mărirea corespunzătoare a debitului mediului de reglare. Ventilul de reglare *VR* poate fi construit să deschidă orificiul de trecere al fluidului cînd tija *9* se deplasează în jos.

Regulatorul de presiune reprezentat schematic în fig. 5.57, reglează automat presiunea fluidelor după el (*a*) sau înainte de el (*b*), după locul de captare a presiunii care acţionează membrana *4*.

Variaţiile presiunii mediului reglat sînt transmise membranei *4*, deplasarea acesteia modificînd corespunzător debitul. Cînd, de exemplu, presiunea creşte, ventilul cu două scaune *1* închide orificiul de trecere micşorînd debitul fluidului şi invers, cînd presiunea acestuia scade, debitul fluidului este mărit corespunzător.

Regulatorul de temperatură, reprezentat schematic în fig. 5.58, este format dintr-un sistem termomanometric şi ventilul de reglare. Sistemul

termomanometric constînd din rezervorul termomanometric *1*, tubul capilar *2* şi burduful metalic *3* este umplut cu gaz sau vapori.

Dilatarea sau comprimarea fluidului termomanometric, rezultată în urma variaţiei temperaturii mediului reglat, determină dilatarea sau comprimarea burdufului metalic *3* şi deplasarea corespunzătoare a tijei *4*. De-

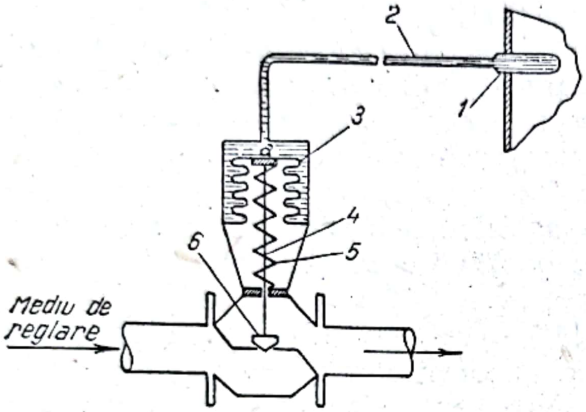


Fig. 5.58. Regulator de temperatură cu acţiune directă:
1 — rezervor termomanometric; *2* — tub capilar; *3* — burduf metalic; *4* — tijă; *5* — arc; *6* — scaun.

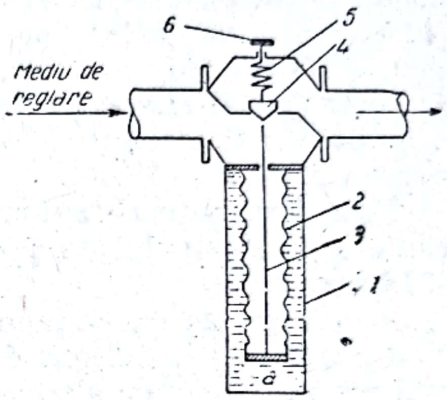


Fig. 5.59. Regulator de temperatură cu acţiune directă:
1 — rezervor termomanometric; *2* — burduf metalic; *3* — tijă; *4* — ventil; *5* — arc; *6* — şurub de reglare.

plasarea tijei *4* are ca urmare modificarea corespunzătoare a debitului mediului de reglare.

La asemenea regulatoare rezervorul termomanometric poate fi instalat la oarecare distanţă de regulatorul propriu-zis. De obicei, lungimea tubului capilar nu depăşeşte 6 m.

Regulatorul de temperatură, reprezentat schematic în fig. 5.59, este similar ca principiu de funcţionare cu regulatorul de temperatură descris anterior (5.58) dar diferă în ceea ce priveşte construcţia. Rezervorul termomanometric *1* cuprinde în interior burduful metalic *2*. Spaţiul *a* din exteriorul burdufului metalic este umplut cu un lichid. Rezervorul termomanometric *1* se introduce în mediul cu temperatura reglată automat. Variaţiile de temperatură ale mediului reglat determină deplasarea burdufului *2* şi modificarea corespunzătoare a debitului mediului de reglare.

5.6.5. **Regulatorul cu acţiune integrală** (regulatorul *I*) este rareori folosit în procesele chimice. O largă răspîndire o are sub forma acţiunilor de reglare combinate: regulatorul cu acţiune proporţională şi integrală şi regulatorul cu acţiune proporţională, derivativă şi integrală.

În literatură regulatorul *I* este denumit uneori regulator astatic.

Funcţionarea regulatorului cu acţiune integrală se bazează pe ecuaţia (5.4). În conformitate cu această ecuaţie variaţia parametrului de reglare este proporţională cu integrala în funcţie de timp a abaterii.

Prin diferenţierea ecuaţiei (5.4) se obţine:

$$\frac{dv}{dt} = \beta x \tag{5.30}$$

Ecuaţia (5.30) arată că viteza de variaţie a parametrului de reglare este direct proporţională cu abaterea. Constanta β este de obicei denumită constanta acţiunii integrale.

Viteza de variaţie a parametrului de reglare este pozitivă cînd parametrul de reglare are o valoare mai mică decît valoarea prescrisă (abaterea este prin urmare pozitivă) şi negativă cînd parametrul de reglare are o valoare mai mare decît valoarea prescrisă (abaterea fiind în acest caz negativă).

Multe regulatoare automate sînt astfel construite încît viteza de variaţie a parametrului de reglare este pozitivă cînd abaterea este negativă şi invers.

Regulatoarele cu acţiune integrală se construiesc uneori sub o formă modificată la care viteza de variaţie a parametrului de reglare nu mai este proporţională cu abaterea, ci are una sau mai multe viteze constante.

La regulatoarele cu o viteză constantă, creşterea parametrului reglat peste valoarea prescrisă determină variaţia parametrului de reglare cu o viteză constantă, pînă cînd valoarea parametrului reglat scade sub valoarea prescrisă şi invers.

La regulatoarele cu mai multe viteze constante, variaţia parametrului de reglare are mai multe viteze constante corespunzătoare diferitelor valori ale abaterii.

În fig. 5.60 este reprezentată grafic variaţia vitezei parametrului de reglare în funcţie de abatere la cele trei tipuri de regulator *I*.

Curba *a* se referă la regulatorul *I* propriu-zis şi reprezintă variaţia vitezei de variaţie a parametrului de reglare conform ecuaţiei (5.30).

Curba *b* se referă la regulatorul *I* modificat, cu o viteză de variaţie a parametrului de reglare constantă. La o valoare pozitivă b_1 a abaterii corespunde o viteză constantă pozitivă v_1, iar la o valoare negativă b_1' a abaterii îi corespunde o viteză constantă negativă v_1,

Asemenea regulatoare au o zonă neutră în limitele căreia viteza variaţiei parametrului de reglare este egală cu 0.

La exemplul dat zona neutră este reprezentată de valoarea b_1' b_1 a abaterii.

Curba *c* se referă la regulatorul *I* modificat, cu două viteze de variaţie a parametrului de reglare constante. Valorii pozitive c_1 a abaterii îi corespunde viteza w_1 şi valorii pozitive c_2, viteza w_2. Valorii negative c_1' îi corespunde viteza w_1', iar valorii negative c_2' viteza w_2'.

Zona neutră a regulatorului este reprezentată de valoarea c_1' şi c_1 a abaterii.

De remarcat că regulatorul *I* cu o viteză constantă posedă o zonă neutră mai mare ca regulatorul *I* cu două viteze constante, iar regulatorul *I* propriu-zis nu posedă o astfel de zonă.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 5.61 este reprezentată grafic reacţia regulatorului *I*, la o variaţie a parametrului reglat finită (*a*) şi sinusoidală (*b*).

Curbele reprezentînd variaţiile parametrului de reglare şi viteza de variaţie a acestuia sînt construite cu ajutorul ecuaţiei (5.4) şi (5.30).

Din ecuaţia (5.4) şi (5.30) şi fig. 5.61 rezultă următoarele caracteristici ale regulatorului *I*:

— În cazul unei variaţii finite a parametrului reglat, parametrul de reglare variază atîta vreme cît există o abatere. După ce abaterea revine la valoarea zero, parametrul de reglare nu revine la valoarea sa iniţială, ci la o altă valoare.

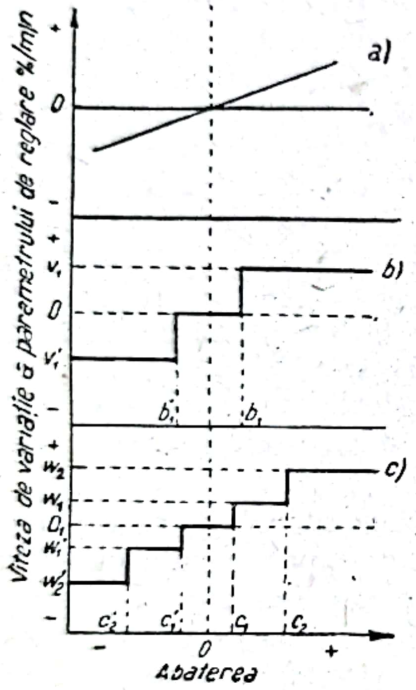


Fig. 5.60. Viteza de variaţie a parametrului de reglare la regulatorul cu acţiune integrală în funcţie de abatere:

a — regulator *I*; *b* — regulator *I* modificat, cu o viteză constantă; *c* — regulator *I* modificat, cu două viteze constante.

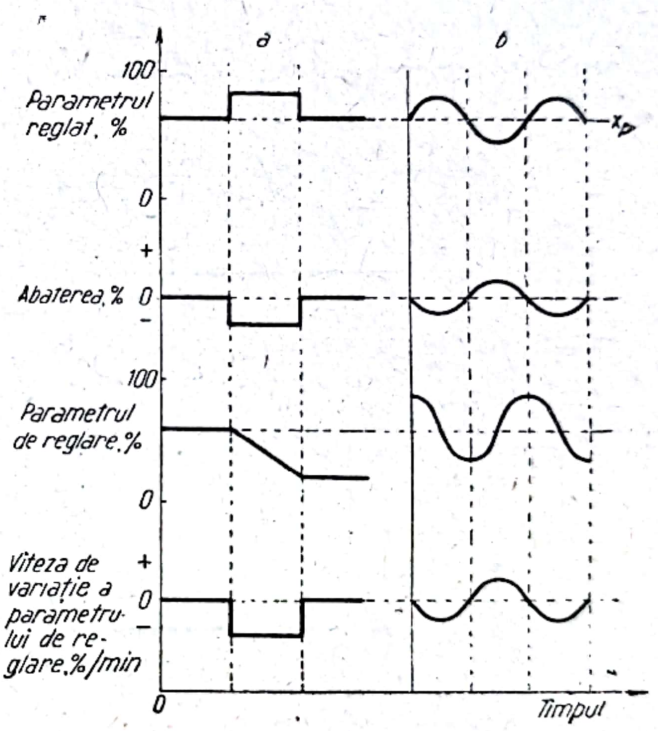


Fig. 5.61. Reacţia regulatorului cu acţiune integrală:

x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

Parametrul de reglare revine la valoarea sa iniţială numai atunci cînd apare o altă eroare de semn opus şi de o valoare corespunzătoare.

— În cazul unei variaţii sinusoidale a parametrului reglat, curba care reprezintă variaţia parametrului de reglare este decalată cu 90° faţă de curba care reprezintă variaţia parametrului reglat şi are altă mărime.

— La o variaţie finită a parametrului reglat, viteza variaţiei parametrului de reglare variază brusc de la valoarea zero la o valoare constantă diferită de zero şi revine la valoarea sa iniţială cînd abaterea recapătă valoarea zero.

— La o variaţie sinusoidală a parametrului reglat, viteza de variaţie a parametrului de reglare este proporţională cu abaterea şi este în fază cu aceasta.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 5.62 este reprezentată grafic variația parametrului reglat la o variație a încărcării, la regulatorul *I*, pentru diferite valori ale constantei acțiunii integrale. Curba *a* corespunde unei valori mici a constantei acțiunii integrale, curba *b* unei valori medii și curba *c* unei valori mari.

În fig. 5.63 este reprezentată variația parametrului reglat la o variație a încărcării la regulatorul *I* modificat cu o viteză de variație a parametrului de reglare constantă.

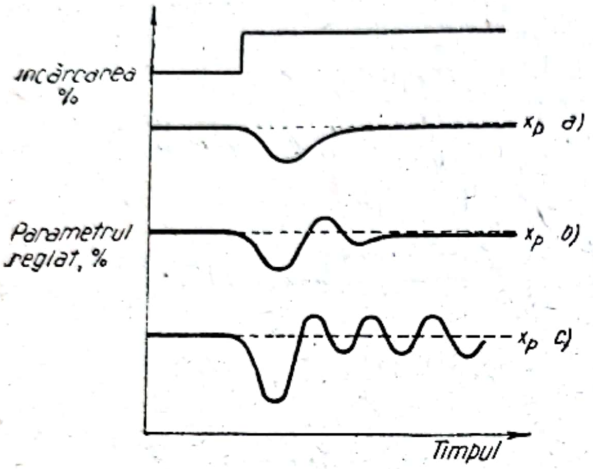


Fig. 5.62. Variația parametrului reglat la regulatorul cu acțiune integrală:
a — valoarea constantei acțiunii integrale mică; *b* — valoarea constantei acțiunii integrale medie; *c* — valoarea constantei acțiunii integrale mari; x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

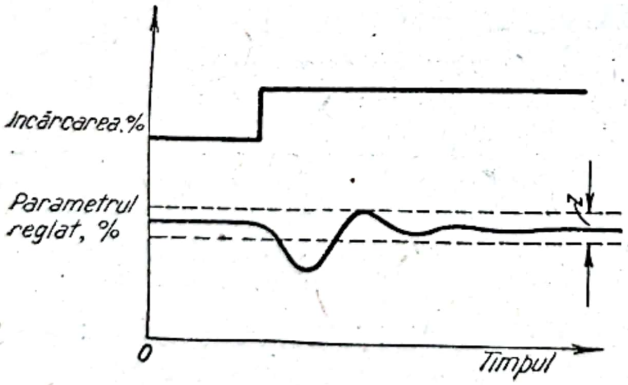


Fig. 5.63. Variația parametrului reglat la regulatorul cu acțiune integrală modificat, cu o viteză de variație a parametrului de reglare constantă:
Z — zonă neutră.

Curba variației parametrului reglat este asemănătoare cu cea a unui regulator *I* nemodificat, cu deosebirea că există zona neutră descrisă anterior.

Regulatoarele *I* sînt caracterizate printr-o reacție mai înceată la variații ale încărcării și printr-o deviație permanentă a valorii parametrului reglat mai mică decît la regulatoarele *P*.

Regulatorul *I* este indicat pentru procesele ale căror sisteme de reglare au întîrzieri mici și la care variațiile încărcării sînt mici și încete. La variații mari și repezi ale încărcării, abaterea persistă mult timp.

5.6.6. Regulatorul cu acțiune derivativă (regulatorul *D*) nu se folosește ca atare în procesele chimice.

Conform ecuației (5.5) pe care se bazează funcționarea acestui regulator, variația parametrului de reglare este proporțională cu derivata în funcție de timp, deci cu viteza variației parametrului reglat.

Din ecuația (5.5) se constată că parametrul de reglare variază numai atunci cînd variază abaterea. Dacă aceasta este constantă, indiferent de mărimea ei, parametrul de reglare rămîne constant. Acest fapt determină inutilizarea acțiunii de reglare derivative singură.

Scanned with OKEN Scanner

Prin derivarea ecuației (5.5) se obține:

$$\frac{dy}{dt} = \gamma \frac{d^2x}{dt^2} \tag{5.31}$$

Constanta γ este denumită constanta acțiunii derivative. Din ecuația (5.31) rezultă că viteza de variație a parametrului de reglare este proporțională cu accelerația (derivata vitezei) variației abaterii.

În fig. 5.64 este reprezentată grafic reacția regulatorului *D*, la o variație a parametrului reglat finită (*a*) și sinusoidală (*b*).

Curbele reprezentînd variația parametrului de reglare și viteza de variație a acestuia sînt construite cu ajutorul ecuației (5.5) și (5.31).

O formă modificată a regulatorului *D* o constituie regulatorul la care variația parametrului de reglare este proporțională cu viteza de variație a abaterii, dar de semn opus.

Regulatorul cu acțiune derivativă este răspîndit în procesele chimice sub forma regulatoarelor cu acțiune de reglare combinată și anume: regulatorul cu acțiune proporțională și derivativă si regulatorul cu acțiune proporțională, derivativă și integrală. Rolul acțiunii derivative în aceste acțiuni combinate este de a mări viteza de reacție a regulatorului.

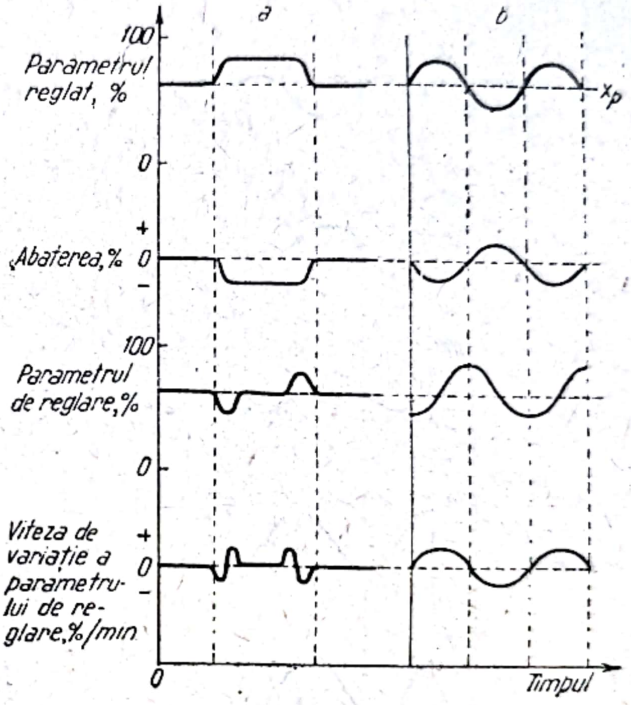


Fig. 5.64. Reacția regulatorului cu acțiune derivativă:
x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

5.6.7. **Regulatorul cu acțiune proporțională și integrală** (regulatorul *PI*) este, alături de regulatorul *P*, foarte utilizat în procesele chimice. Dintre regulatoarele cu acțiune combinată acesta este cel mai răspîndit, corespunzînd cerințelor majorității proceselor chimice.

Funcționarea regulatorului *PI* se bazează pe ecuația (5.6). Variația parametrului reglat este proporțională cu abaterea și cu integrala în funcție de timp a abaterii. Prin derivarea ecuației (5.6) se obține:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{\alpha} \frac{dx}{dt} + \beta x \tag{5.32}$$

Viteza de variație a parametrului reglat este proporțională cu viteza de variație a abaterii și cu abaterea.

În fig. 5.65 este reprezentată grafic reacția regulatorului *PI* la o variație sinusoidală a parametrului reglat.

Scanned with OKEN Scanner

Curba care reprezintă variaţia parametrului de reglare la regulatorul *PI* a fost construită prin însumarea valorilor celor două curbe separate, corespunzătoare regulatorului *P* şi respectiv regulatorului *I*.

Curba care reprezintă variaţia parametrului de reglare la regulatorul *P* este în fază cu curba abaterii, iar la regulatorul *I* decalată cu 90°. Curba reacţiei regulatorului *PI* este decalată faţă de curba abaterii cu un unghi a cărei valoare depinde de valorile constantelor α (intervalul de proporţionalitate) şi β (constanta acţiunii integrale) din ecuaţia (5.6).

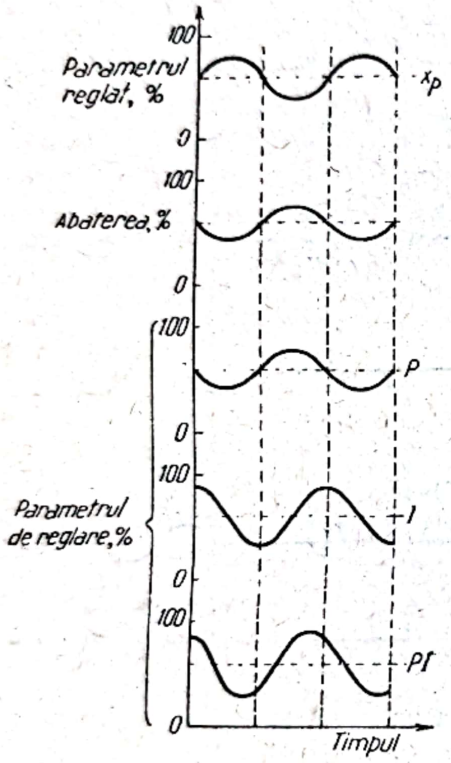


Fig. 5.65. Reacţia regulatorului cu acţiune proporţională şi integrală:
x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

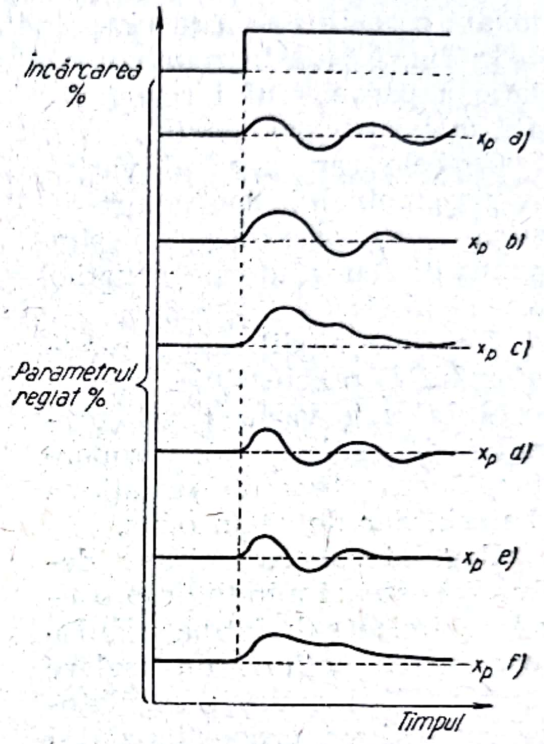


Fig. 5.66. Variaţia parametrului reglat la regulatorul cu acţiune proporţională şi integrală:
a — interval de proporţionalitate mic; *b* — interval de proporţionalitate mediu; *c* — interval de proporţionalitate mare; *d* — constanta acţiunii integrale mare; *e* — constanta acţiunii integrale medie; *f* — constanta acţiunii integrale mică; x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

În fig. 5.66 este reprezentată variaţia parametrului reglat la regulatorul *PI* pentru diferite valori ale intervalului de proporţionalitate şi ale constantei acţiunii integrale.

Din figură este evident că o valoare mică a intervalului de proporţionalitate sau o valoare mare a constantei acţiunii integrale determină oscilaţia curbei care reprezintă variaţia parametrului reglat.

Regulatorul *PI* prezintă avantajele regulatorului *P* şi ale regulatorului *I* separate. Adaosul acţiunii integrale la acţiunea proporţională are ca principal efect micşorarea abaterii permanente caracteristică regulatorului *P*.

Scanned with OKEN Scanner

Regulatorul *PI* este aplicat cu succes la foarte multe procese chimice şi în special la acelea care prezintă variaţii mari şi lente ale încărcării. Nu se recomandă utilizarea regulatorului *PI* la procese caracterizate prin întîrzieri mari.

Uneori regulatorul *PI* este denumit în literatură regulator izodrom sau izostatic.

Regulatorul PI pneumatic reprezentat schematic în fig. 5.67 este unul dintre cele mai răspîndite tipuri, deoarece este utilizat (cu modificarea

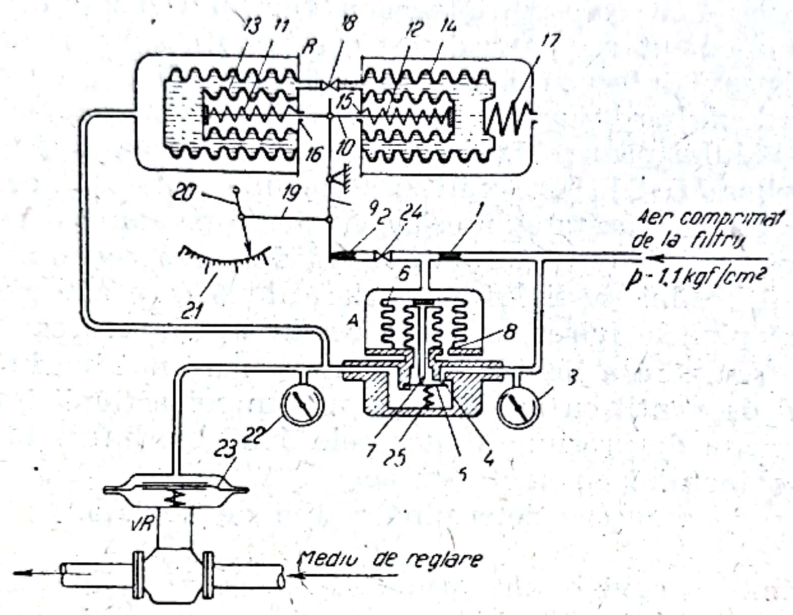


Fig. 5.67. Regulator pneumatic cu acţiune proporţională şi integrală:

1 — strangulare; *2, 4* — ajutaj; *3, 22* — manometru; *5, 9* — obturator; *6, 13, 14* — burduf metalic dublu; *7* — ajutaj de evacuare; *8, 15, 16* — orificiu de evacuare; *10, 19* — tijă; *11, 12 17, 25* — arc; *18* — robinet cu ventil cu ac; *20* — indicator; *21* — cadran; *23* — membrană; *24* — robinet cu ventil; *R* — releu primar; *A* — amplificator; *VR* — ventil de reglare.

corespunzătoare a aparatului de măsurat) pentru temperatură, debit, nivel şi presiune.

Construcţia regulatorului este asemănătoare cu a regulatorului *P* reprezentat în fig. 5.50, cu excepţia releului primar. Acesta este format din două părţi, fiecare cuprinzînd un burduf metalic dublu. Volumul interior al burdufului metalic este umplut cu un lichid. Cele două burdufuri metalice comunică între ele, lichidul putîndu-se scurge dintr-o parte în alta.

Funcţionarea regulatorului decurge în modul următor: cînd obturatorul *9* închide ajutajul *2* ca urmare a deplasării indicatorului *20* la dreapta, presiunea aerului creşte deasupra burdufului metalic dublu *6*. Prin comprimarea acestuia, obturatorul *5* închide ajutajul de evacuare *7* şi deschide ajutajul *4*. Presiunea aerului deasupra membranei *23* creşte, ceea ce are ca urmare varierea debitului mediului de reglare.

Simultan cu creşterea presiunii aerului deasupra burdufului metalic *6* are loc creşterea presiunii aerului în exteriorul burdufului metalic *13*, comprimîndu-l. Comprimarea acestuia determină deplasarea la dreapta a tijei *10*, ceea ce are ca urmare două acţiuni: a) depărtarea obturatorului *9* de ajutajul *2* cu o distanţă aproximativ egală cu aceea cu care l-a apropiat de ajutaj deplasarea spre dreapta a indicatorului *20* şi b) scurgerea lichidului din interiorul burdufului metalic dublu *13* în interiorul burdufului metalic dublu *14* prin robinetul cu ventil cu ac *18*. Depărtarea obturatorului de ajutaj determină scăderea presiunii aerului deasupra membranei *23* şi varierea corespunzătoare a debitului mediului de reglare. Pînă la acest moment regulatorul s-a comportat ca un regulator *P*. În continuare urmează intervenţia acţiunii integrale. Cînd presiunea din interiorul celor două burdufuri metalice *13* şi *14* devine aceeaşi ca urmare a scurgerii lichidului prin robinetul *18*, tija *10* se deplasează la stînga sub acţiunea arcurilor *11* şi *12*. Obturatorul *9* închide ajutajul *2*, ceea ce are ca urmare, conform celor arătate anterior, creşterea presiunii deasupra membranei *23* a ventilului de reglare *VR* şi modificarea corespunzătoare suplimentară a debitului mediului de reglare după care acţiunea regulatorului încetează pînă la ivirea unei noi perturbaţii în proces.

Timpul de scurgere a lichidului din interiorul unui burduf în celălalt prin robinetul de ventil cu ac *18* (denumit timpul acţiunii integrale) depinde de diferenţa de presiune dintre cele două burdufuri *13* şi *14* şi de deschiderea robinetului cu ventil cu ac.

Acest timp de scurgere determină viteza de deplasare a obturatorului *9*.

În mod similar, cînd obturatorul *9* deschide ajutajul *2* ca urmare a deplasării indicatorului *20* la stînga, presiunea aerului scade deasupra burdufului metalic *6*. Destinderea acestuia determină închiderea ajutajului *4* şi deschiderea ajutajului de evacuare *7* de către obturatorul *5*. Presiunea aerului deasupra membranei *23* scade.

Simultan cu scăderea presiunii deasupra burdufului metalic *6* are loc scăderea presiunii din exteriorul burdufului metalic *13*. Destinderea acestuia determină închiderea ajutajului *2* de către obturatorul *9*, deci creşterea presiunii aerului deasupra membranei *23*.

După un oarecare timp are loc scurgerea lichidului din interiorul burdufului metalic *14* în interiorul burdufului metalic *13* unde presiunea este scăzută. Egalizarea presiunii între cele două spaţii determină deplasarea tijei *10* la dreapta şi obturatorul *9* deschide ajutajul *2*. Presiunea aerului deasupra membranei *23* scade şi acţiunea regulatorului încetează.

Acţiunea integrală a regulatorului descris este asigurată prin scurgerea lichidului dintr-o parte în cealaltă a releului primar. Mărimea intervalului de proporţionalitate se stabileşte în acelaşi mod ca la regulatorul *P* descris anterior (fig. 5.50 şi 5.51), iar timpul acţiunii integrale, cu robinetul cu ventil cu ac *18* denumit din această cauză rezistenţă integrală.

Regulatorul PI hidraulic, reprezentat schematic în fig. 5.68, este utilizat pentru debit, presiune, temperatură şi nivel cu modificarea corespunzătoare a aparatului de măsurat.

Scanned with OKEN Scanner

Faţă de regulatorul *P* hidraulic descris anterior (v. fig. 5.53) regulatorul *PI* diferă prin construcţia cilindrului auxiliar 7. Acesta este prevăzut cu o conductă de trecere a uleiului dintr-o parte în cealaltă a pistonului.

Funcţionarea regulatorului se desfăşoară în modul următor: dacă de exemplu, variaţia parametrului reglat măsurată cu aparatul de măsurat (nereprezentat în figură) determină deplasarea tijei *1* la dreapta, ejectorul *2* se deplasează de asemenea la dreapta şi uleiul de la pompa de ulei sub presiune trece prin canalul *a* al dispozitivului de comandă *DC* în partea stîngă a cilindrului *3*. Pistonul *4* este deplasat spre dreapta şi paleta *6* se roteşte în sensul închiderii secţiunii de trecere a fluidului prin conductă. Deplasarea spre dreapta a pistonului *4* determină evacuarea uleiului din partea dreaptă a cilindrului *3* în partea stîngă a cilindrului auxiliar 7. Presiunea uleiului deplasează spre dreapta pistonul *8*. Prin intermediul sistemului de transmisie *12* ejectorul *2* este readus la poziţia sa iniţială. Simultan cu deplasarea pistonului *8* spre dreapta, lichidul din partea dreaptă a pistonului trece în partea stîngă a acestuia prin robinetul cu ventil cu ac *10*. Presiunea din cele două părţi ale pistonului *8* se egalează şi datorită arcului *9* pistonul *8* se deplasează la stînga, ceea ce are ca urmare o nouă deplasare spre dreapta a ejectorului *2*. Deplasarea spre dreapta a ejectorului *2* determină o rotire suplimentară a paletei *6* în sensul închiderii secţiunii de trecere a mediului de reglare. La fel ca în cazul regulatorului pneumatic *PI* descris anterior (fig. 5.67) timpul acţiunii integrale se reglează prin deschiderea robinetului cu ventil cu ac *10*.

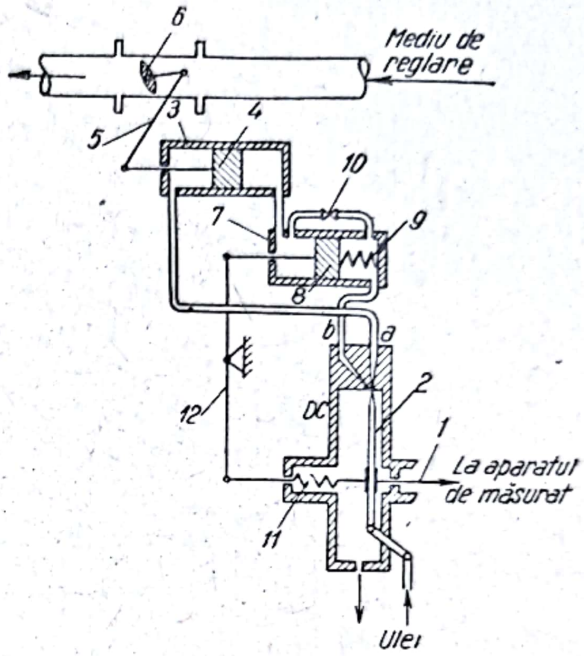


Fig. 5.68. Regulator hidraulic cu acţiune proporţională şi integrală:

1 — tijă; *2* — ejector; *3* — cilindru; *4*, *8* — piston; *5*, *12* — sistem de transmisie; *6* — paletă; *7* — cilindru auxiliar; *9*, *11* — arc; *10* — robinet cu ventil cu ac; *DC* — dispozitiv de comandă.

În mod similar, cînd variaţia parametrului reglat determină deplasarea spre stînga a ejectorului *2*, uleiul trece prin canalul *b* în partea dreaptă a cilindrului *7* şi pistonul *8* se deplasează la stînga. Deplasarea spre stînga a pistonului *8* determină scurgerea uleiului din partea stîngă a cilindrului auxiliar *7* în partea dreaptă a cilindrului *3*. Pistonul *4* se deplasează spre stînga determinînd rotirea paletei *6* în sensul deschiderii secţiunii de trecere a mediului de reglare. Deplasarea spre stînga a pistonului *8* readuce ajutajul *2* în poziţia sa iniţială, deplasîndu-l spre dreapta. Simultan cu deplasarea spre stînga a pistonului *8* are loc întinderea arcului *9*. Lichidul din partea dreaptă a cilindrului auxiliar *7* avînd presiunea mai ridicată, ca urmare a întinderii arcului *9*, trece prin robinetul cu ven-

Scanned with OKEN Scanner

til cu ac *10* în partea stîngă. Presiunea din cele două părţi ale cilindrului 7 se egalează şi pistonul *8* se deplasează la dreapta sub acţiunea arcului *9* determinînd o deplasare a ejectorului *2* la stînga. Are loc o rotire suplimentară a paletei *6* în sensul deschiderii secţiunii de trecere a mediului de reglare.

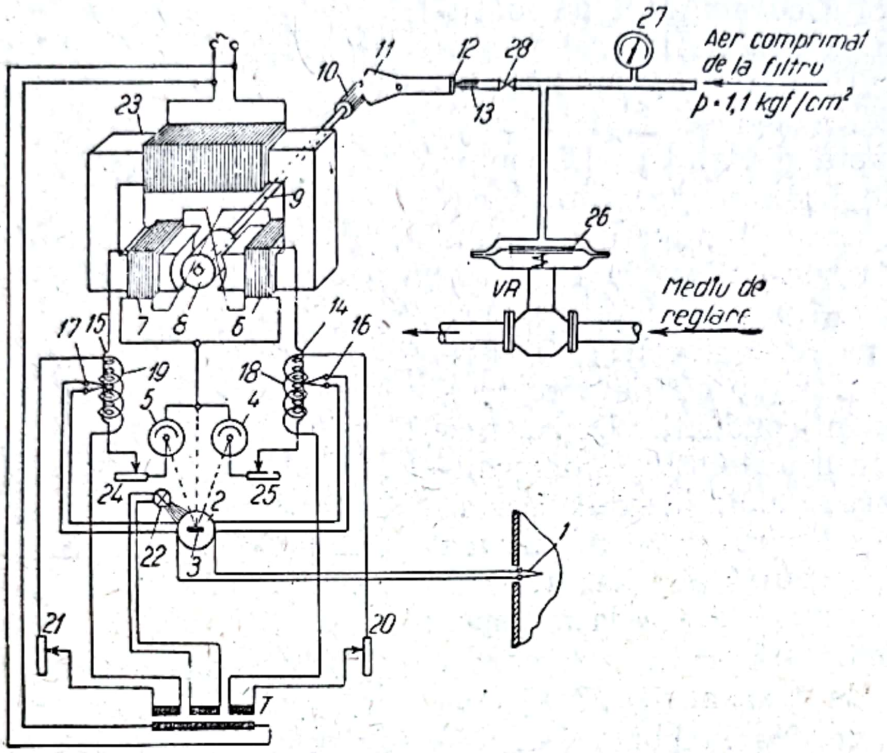


Fig. 5.69. Regulator electropneumatic de temperatură cu acţiune proporţională şi integrală:

1 — termocuplu; *2* — bobină mobilă; *3* — oglindă; *4, 5* — celulă fotoelectrică; *6, 7* — bobină scurtcircuitată; *8* — rotor; *9* — ax; *10* — roată dinţată; *11* — segment dinţat; *12* — obturator; *13* — ajutaj; *14, 15* — element de încălzire; *16, 17* — termocuplu; *18, 19* — element de încălzire auxiliar; *20, 21, 24, 25* — rezistenţă variabilă; *22* — lampă; *23* — motor reversibil; *26* — membrană; *27* — manometru; *28* — robinet cu ventil; *VR* — ventil de reglare; *T* — transformator.

Regulatorul PI electropneumatic reprezentat în fig. 5.69 este de obicei folosit ca regulator de temperatură. Poate servi şi pentru alţi parametri care pot fi măsuraţi electric. Aparatul de măsurat, dispozitivul de comparare şi dispozitivul de comandă sînt electrice, iar dispozitivul de execuţie este acţionat pneumatic.

Funcţionarea regulatorului decurge în modul următor:

Cînd temperatura mediului în care se află introdus termocuplul *1* coincide cu cea prescrisă, spotul luminos al oglinzii *3* se află între cele două celule fotoelectrice *4* şi *5*, deoarece bobina mobilă *2* rămîne în repaus.

Dacă, de exemplu, temperatura mediului în care se află termocuplul *1* creşte, bobina mobilă *2* se roteşte datorită potenţialului termic al termocuplului şi spotul luminos al oglinzii *3* va fi îndreptat asupra celulei fotoelectrice *4*. Bobina scurtcircuitată *6* este străbătută de curent, deter-

Scanned with OKEN Scanner

minînd o rotație a rotorului *8* și o dată cu aceasta deplasarea obturatorului *12* prin intermediul axului *9* și roții dințate *10*. Deplasarea obturatorului determină variația presiunii aerului comprimat deasupra membranei *26* a ventilului de reglare *VR*, acesta modificînd corespunzător debitul de fluid care trece prin el.

Simultan cu deplasarea obturatorului *12*, curentul care circulă prin bobina *6* încălzește elementul de încălzire *14* al termocuplului *16* producînd o f.e.m. de sens contrar celei a termocuplului *1* și spotul luminos al oglinzii *2* este readus la poziția sa inițială între celulele fotoelectrice *4* și *5*. Celulele fotoelectrice nefiind luminate, circuitul electric format din bobina scurtcircuitată *6*, elementul de încălzire *14* și celula fotoelectrică *4* se întrerupe, rotorul *8* se oprește și încălzirea elementului de încălzire *14* încetează.

Comportarea regulatorului a fost similară cu a unui regulator *P*. În continuare regulatorul se comportă ca un regulator *I*. Răcirea elementului de încălzire *14* produce asupra bobinei mobile *2* un efect similar celui produs de creșterea temperaturii mediului în care se află introdus termocuplul *1*. Spotul luminos al oglinzii *3* se îndreaptă asupra celulei fotoelectrice *4*, producînd depărtarea obturatorului *12* de ajutajul *13*, scăderea presiunii aerului deasupra membranei *26* și deci o variație suplimentară a debitului mediului de reglare.

În mod similar, dacă temperatura mediului în care se află termocuplul scade, bobina mobilă *2* se rotește și spotul luminos al oglinzii *3* se îndreaptă asupra celulei fotoelectrice *5*. Bobina *7* este străbătută de curent și rotorul *8* se rotește în sens invers decît în cazul creșterii temperaturii mediului în care se află termocuplul *1*. Deplasarea obturatorului *12* determină modificarea corespunzătoare a debitului de fluid care trece prin ventilul de reglare.

Simultan cu deplasarea obturatorului *12*, curentul care circulă prin bobina *7* încălzește elementul de încălzire *15* al termocuplului *17* producînd o f.e.m. de sens contrar celei a termocuplului *1*. Spotul luminos al oglinzii *3* fiind readus la poziția sa inițială între celulele fotoelectrice *4* și *5*, circuitul electric format din bobina *7*, elementul de încălzire *15* și celula fotoelectrică *5* se întrerupe și rotorul *8* se oprește. Încălzirea elementului de încălzire *15* încetează.

Răcirea elementului de încălzire *15* produce asupra bobinei mobile *2* un efect similar celui produs de scăderea temperaturii mediului în care se află introdus termocuplul *1*. Spotul luminos al oglinzii *3* se îndreaptă asupra celulei fotoelectrice *5* producînd o variație suplimentară a debitului mediului de reglare.

Intervalul de proporționalitate al regulatorului se reglează cu ajutorul rezistențelor variabile *24* și *25*.

Timpul acțiunii integrale se modifică prin varierea perioadei de răcire a elementelor de încălzire *14* și *15* cu ajutorul rezistențelor variabile *20* și *21*.

Elementele de încălzire *14* și *15* împreună cu termocuplurile *16* și *17* sînt introduse în elementele de încălzire auxiliare *18* și *19*.

Scanned with OKEN Scanner

5.6.8. **Regulatorul cu acţiune proporţională şi derivativă** (regulatorul *PD*) nu este utilizat ca atare în procesele chimice, ci sub forma regulatorului cu acţiune proporţională, integrală şi derivativă care poate lucra şi ca regulator *PD*.

Funcţionarea regulatorului *PD* se bazează pe ecuaţia (5.7). Conform ecuaţiei (5.7) variaţia parametrului de reglare este proporţională cu abaterea şi cu viteza de variaţie a abaterii.

Prin derivarea ecuaţiei (5.7) se obţine:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\alpha}\frac{dx}{dt} + \gamma\frac{d^2x}{dt^2}. \qquad (5.33)$$

Viteza de variaţie a parametrului reglat este prin urmare proporţională cu viteza de variaţie a abaterii şi cu acceleraţia (derivata vitezei) abaterii.

În fig. 5.70 este reprezentată grafic reacţia regulatorului *PD* la o variaţie sinusoidală a parametrului reglat.

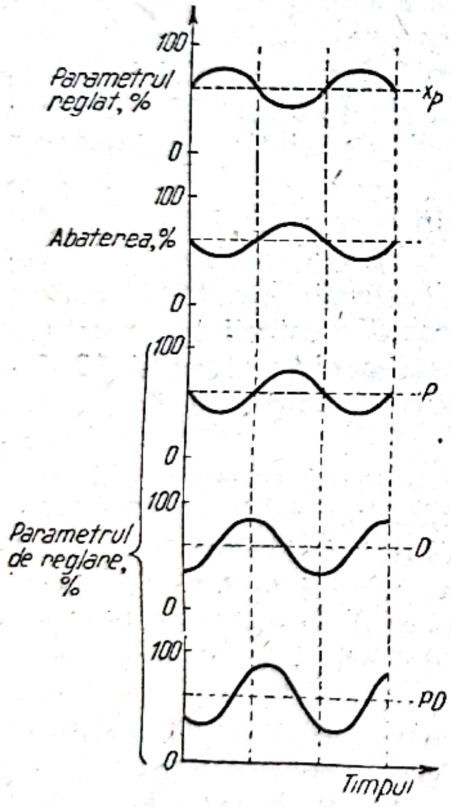


Fig. 5.70. Reacţia regulatorului cu acţiune proporţională şi derivativă:
x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

Din figură rezultă că curba care reprezintă variaţia parametrului de reglare la regulatorul *PD* este decalată faţă de curba abaterii cu un unghi a cărei valoare (cuprinsă între 0 şi 90°) depinde de valorile constantelor α şi γ (constanta acţiunii derivative).

Avantajul principal al regulatorului *PD* este că dă o reacţie satisfăcătoare la variaţii mari ale încărcării chiar cînd sistemul de reglare automată cuprinde întîrzieri mari.

5.6.9. **Regulatorul cu acţiune proporţională, integrală şi derivativă** (regulatorul *PID*) care cuprinde toate cele trei acţiuni de reglare existente, este cel mai perfecţionat tip de regulator care se utilizează în prezent în procesele chimice. Regulatorul *PID* s-a dovedit foarte eficace în cele mai complicate cazuri de reglare automată şi este aplicat în special la sistemele de reglare cu întîrzieri mari.

Funcţionarea regulatorului *PID* este bazată pe ecuaţia (5.8). Variaţia parametrului de reglare este proporţională cu abaterea, integrala în funcţie de timp a abaterii şi viteza de variaţie a abaterii (derivata abaterii).

Prin derivarea ecuaţiei (5.8) se obţine:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\alpha}\frac{dx}{dt} + \beta x + \gamma\frac{d^2x}{dt^2}. \qquad (5.34)$$

Viteza de variaţie a parametrului de reglare este proporţională cu viteza de variaţie a abaterii, cu abaterea şi cu acceleraţia abaterii.

În fig. 5.71 este reprezentată grafic reacţia regulatorului *PID*. Din figură rezultă că curba variaţiei parametrului de reglare a regulatorului *PID* rezultă prin însumarea valorilor curbelor variaţiei parametrului de reglare pentru regulatoarele *P*, *I* şi *D* separat, este decalată faţă de abatere sau invers, aceasta faţă de ea în funcţie de valorile constantelor α, β şi γ.

S-a arătat anterior că regulatorul *PI* corespunde cerinţelor majorităţii proceselor chimice. Adaosul acţiunii derivative la acţiunea proporţională şi integrală are ca principal efect reducerea timpului necesar pentru readucerea valorii parametrului reglat la valoarea prescrisă.

În fig. 5.72 este reprezentată grafic variaţia parametrului reglat la o variaţie a încărcării pentru regulatorul *PI* şi *PID*.

Curbele sînt caracteristice unui sistem de reglare cu întîrzieri mari. Este evident efectul adăugării acţiunii derivative la acţiunea proporţională şi integrală.

Regulatorul PID pneumatic, reprezentat schematic în fig. 5.73, este unul dintre cele mai moderne tipuri, putînd funcţiona ca regulator *P*, regulator *PI*, regulator *PD* şi regulator *PID*.

În funcţie de aparatul de măsurat un asemenea regulator serveşte pentru temperatură, debit, nivel şi presiune.

Funcţionarea regulatorului se desfăşoară în modul următor:

Cînd obturatorul *8* închide ajutajul *2*, ca urmare a deplasării indicatorului *10* la dreapta, presiunea aerului în camera *a* a amplificatorului *A* creşte. Membranele *4* şi *5* se deplasează la dreapta şi respectiv la stînga. Orificiul ventilului *6* se deschide, iar cel al ventilului *7* se închide. Aerul pătrunde în camerele *b* şi *c* şi de aici la ventilul de reglare *VR* şi releul primar *R*. Presiunea aerului deasupra membranei *18* creşte, ventilul de reglare *VR* modificînd corespunzător debitul mediului de reglare.

Închiderea ajutajului *2* determină în acelaşi timp, cu creşterea presiunii deasupra membranei *18*, pătrunderea aerului comprimat prin robinetul cu ventil cu ac *15* (denumit rezistenţă derivativă) în camera *d* a releului primar *R*. Timpul de trecere a aerului prin rezistenţa derivativă este denumit timpul acţiunii derivative. Creşterea presiunii în camera *d* determină comprimarea burdufului metalic *14* şi deschiderea ajutajului *2* de către obturatorul *8*. Presiunea în camera *a* a amplificatorului *A* scade, membranele *4* şi *5* se deplasează spre interior, orificiul ventilului *6* se închide şi orificiul ventilului *7* se deschide.

Presiunea deasupra membranei *18* scade, aerul fiind evacuat în atmosferă prin orificiul ventilului *7*. Ventilul de reglare modifică corespunzător debitul mediului de reglare.

Dacă în releu rămîne o oarecare presiune a aerului comprimat ca urmare a menţinerii abaterii parametrului reglat, aerul comprimat din interiorul burdufului *14* trece prin robinetul cu ventil cu ac *16* (denumit rezistenţă integrală) în spaţiul *d*, după un timp denumit timpul acţiunii in-

Scanned with OKEN Scanner

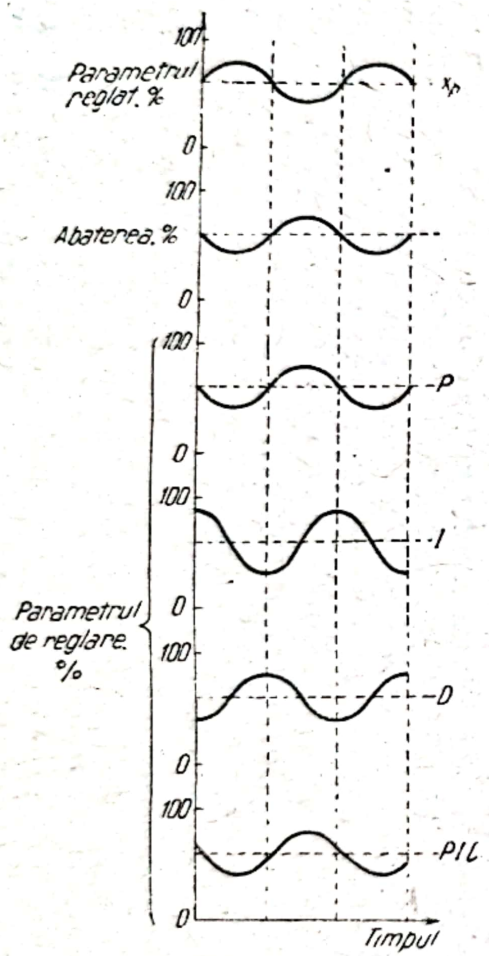


Fig. 5.71. Reacția regulatorului cu acțiune proporțională, integrală și derivativă:

x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

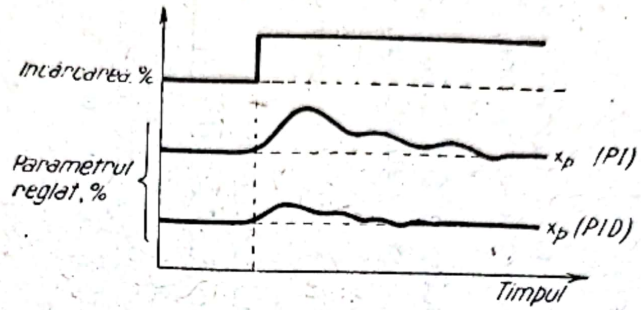


Fig. 5.72. Variația parametrului reglat la regulatorul *PI* și *PID*:

x_p — valoarea prescrisă a parametrului reglat.

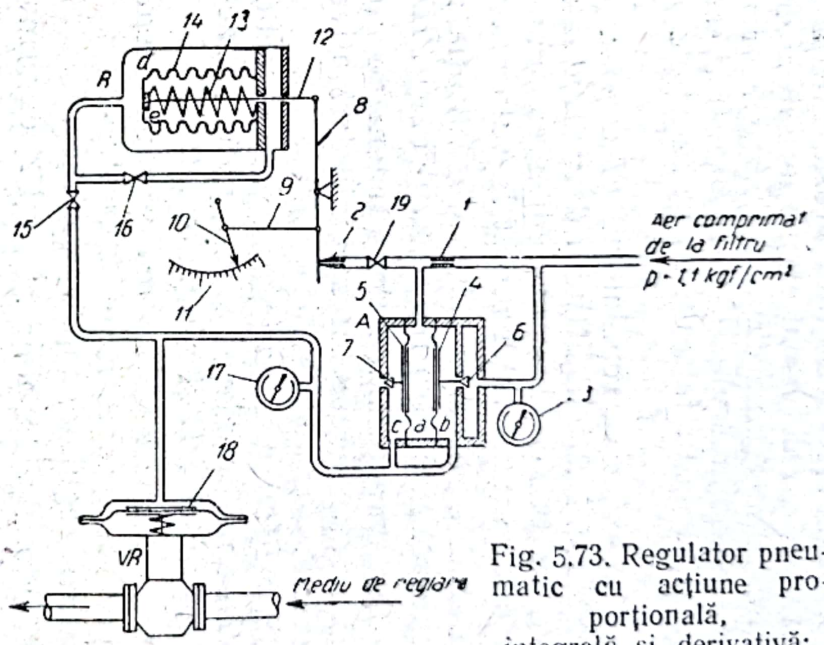


Fig. 5.73. Regulator pneumatic cu acțiune proporțională, integrală și derivativă:

1 — strangulare; *2* — ajutaj; *3*, *17* — manometru; *4*, *5*, *18* — membrană; *6*, *7* — ventil conic; *8* — obturator; *9*, *12* — tijă; *10* — indicator; *11* — cadran; *13* — arc; *14* — burduf metalic; *15* — robinet cu ventil cu ac (rezistență derivativă); *16* — robinet cu ventil cu ac (rezistență integrală); *19* — robinet cu ventil; *A* — amplificator; *R* — releu primar; *VR* — ventil de reglare.

tegrale. Presiunea din spațiul *d* devine egală cu cea din spațiul *e* și burduful metalic revine la poziția sa anterioară determinînd o nouă astupare a ajutajului *2* și deci o modificare suplimentară a debitului mediului de reglare de către ventilul de reglare *VR*.

În mod similar decurge funcționarea regulatorului cînd indicatorul *10* se deplasează la stînga determinînd deschiderea ajutajului *2* de către obturatorul *8*. Presiunea aerului din camera *a* scade determinînd deplasarea membranelor *4* și *5* spre interior. Orificiul ventilului *6* se închide, iar orificiul ventilului *7* se deschide. Presiunea aerului deasupra membranei *18* scade determinînd modificarea debitului mediului de reglare de către ventilul de reglare *VR*. După un timp oarecare denumit anterior timpul acțiunii derivative, aerul din spațiul *d* al releului *R*, care se află la o presiune mai ridicată, se scurge prin robinetul cu ventil cu ac *15* ieșind în atmosferă prin orificiul ventilului *7* al amplificatorului. Scăderea presiunii aerului din exteriorul burdufului *14* determină destinderea acestuia și închiderea ajutajului *2* de către obturatorul *8*. Presiunea aerului deasupra membranei *18* crește, ventilul de reglare *VR* modificînd corespunzător debitul mediului de reglare.

Aerul din spațiul *e* al releului *R*, care se află la o presiune mai ridicată, se scurge prin destinderea burdufului *14*, din cauza întinderii arcului *13*, prin robinetul cu ventil cu ac *16*, după un timp denumit timpul acțiunii integrale, în spațiul *d* ceea ce are ca urmare egalizarea presiunii dintre cele două spații *d*, *și e*. Burduful *14* revine la poziția sa anterioară determinînd o nouă deschidere a ajutajului *2* de către obturatorul *8*. Scăderea presiunii aerului deasupra membranei *18* are ca urmare modificarea suplimentară a debitului mediului de reglare.

Regulatorul descris poate funcționa cu diferite acțiuni de reglare prin stabilirea corespunzătoare a intervalului de proporționalitate, a timpului acțiunii integrale și a timpului acțiunii derivative.

Astfel, pentru ca regulatorul să funcționeze ca regulator *P* se deschide complet robinetul *15* (rezistența derivativă) și se închide complet robinetul *16* (rezistența integrală). Mărimea intervalului de proporționalitate se stabilește similar ca în cazul regulatorului *P* descris anterior (fig. 5.50).

Regulatorul funcționează ca regulator *PI* cînd robinetul *15* este complet deschis. Timpul acțiunii integrale se stabilește prin deschiderea corespunzătoare a robinetului *16* (rezistența integrală).

Funcționarea regulatorului ca regulator *PD* se realizează prin închiderea completă a robinetului *16* și închiderea corespunzătoare a robinetului *15*.

De remarcat că sensibilitatea acțiunii derivative crește cu închiderea robinetului *15*, iar sensibilitatea acțiunii integrale crește cu deschiderea robinetului *16*.

Deși diferite constructiv, majoritatea regulatoarelor *PID* pneumatice funcționează similar ca regulatorul descris anterior.

Regulatorul PID hidraulic, reprezentat schematic în fig. 5.74, construit în forma arătată sau cu amplificator poate servi pentru temperatură, debit, nivel sau presiune, în funcție de aparatul de măsurat.

Scanned with OKEN Scanner

Regulatorul funcţionează în modul următor: dacă tija *1* se deplasează la stînga, ejectorul *2* se deplasează de asemenea la stînga şi uleiul sub presiune de la pompa de ulei pătrunde prin canalul *b* şi robinetul cu ventil cu ac *11* (denumit rezistenţa derivativă) în partea dreaptă a cilindrului auxiliar *7*. Pistonul *8* se deplasează la stînga împingînd uleiul din partea stîngă a cilindrului *7* în partea dreaptă a cilindrului *3*. Pistonul *4* se deplasează la stînga şi paleta *6* se roteşte modificînd debitul mediului de reglare. Lichidul din partea stîngă a cilindrului *3* se scurge în interiorul dispozitivului de comandă şi de aici în rezervorul pompei de ulei în vederea recirculării. Deplasarea spre stînga a pistonului *8* determină întinderea arcului *9* şi readucerea ejectorului *2* la poziţia sa anterioară. Uleiul din partea dreaptă a cilindrului *7* aflîndu-se la o presiune mai ridicată din cauza întinderii arcului *9* trece prin robinetul *10* (denumit rezistenţă integrală) în partea stîngă.

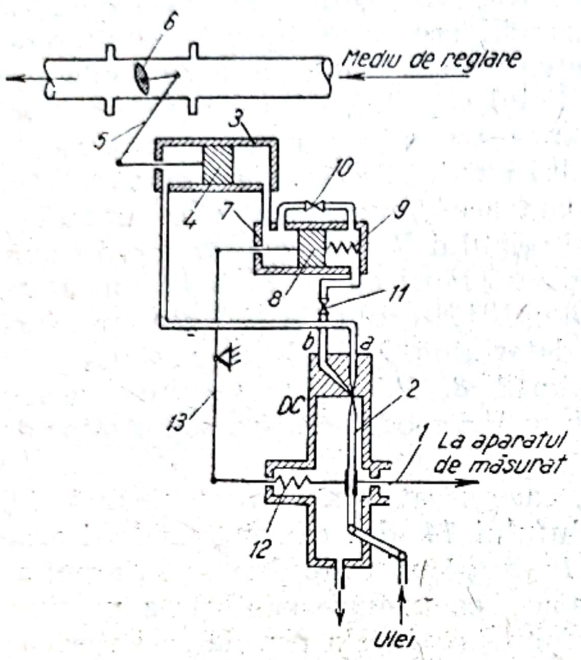


Fig. 5.74. Regulator hidraulic cu acţiune proporţională, integrală şi derivativă:
1 — tijă; *2* — ejector; *3* — cilindru; *4*, *8* — piston; *5* — sistem de transmisie; *6* — paletă; *7* — cilindru auxiliar; *9*, *12* — arc; *10*, *11* — robinet cu ventil cu ac; *13* — sistem de transmisie; *DC* — dispozitiv de comandă.

Pistonul *8* se deplasează la dreapta sub acţiunea arcului *9* şi a echilibrării presiunii uleiului de o parte şi de cealaltă a pistonului. Ejectorul *2* este deplasat spre stînga ceea ce are ca urmare, în conformitate cu cele expuse anterior, o modificare suplimentară a debitului mediului de reglare de către paleta *6*.

Funcţionarea regulatorului decurge similar cînd tija *1* se deplasează la dreapta. Ejectorul *2* se deplasează de asemenea la dreapta. Uleiul trece prin canalul *a* în partea stîngă a cilindrului *3*. Pistonul *4* se deplasează la dreapta şi paleta *6* modifică corespunzător debitul mediului de reglare. Lichidul din partea dreaptă a cilindrului *3* este împins în partea stîngă a cilindrului auxiliar *7* deplasînd pistonul *8* spre dreapta. Lichidul din partea dreaptă a cilindrului *7* trece prin robinetul *11* şi canalul *b* în interiorul dispozitivului de comandă *DC* şi de aici la rezervorul pompei.

Deplasarea spre dreapta a pistonului *8* determină deplasarea ejectorului spre stînga readucîndu-l la poziţia sa anterioară. Rotirea paletei *6* încetează. Concomitent cu trecerea uleiului din partea dreaptă a cilindrului *3* în partea stîngă a cilindrului *7*, ca urmare a deplasării pistonului *4*, are loc trecerea uleiului din partea stîngă a cilindrului *7* în partea dreaptă a

Scanned with OKEN Scanner

aceluiași cilindru. Cînd presiunile uleiului de o parte și de alta a pistonului 8 devin egale, sub acțiunea arcului 9 pistonul 8 se deplasează la stînga. Are loc o deplasare a ejectorului 2 spre dreapta ceea ce determină o modificare suplimentară a debitului mediului de reglare de către paleta 6.

5.7. REGULATOARELE AUTOMATE PENTRU MONTAJ ÎN CASCADĂ

În multe procese chimice este necesară modificarea frecventă a valorilor prescrise ale parametrului reglat în funcție de variațiile altor parametri și acest lucru este practic imposibil de realizat prin deplasarea manuală a indicatorului de control al regulatorului.

Regulatoarele automate pentru montaj „în cascadă" denumite și regulatoare „cuplate" sau regulatoare cu mutarea indicatorului de control de către alte regulatoare, rezolvă satisfăcător această problemă.

Montajul „în cascadă" constă dintr-un regulator primar care determină deplasarea automată a indicatorului de control al altui regulator denumit secundar, și acesta din urmă reglează automat parametrul principal. Acțiunea regulatorului primar este determinată de variația unuia dintre parametrii secundari.

Un regulator automat pentru montaj în cascadă este un regulator obișnuit care are în plus un mecanism pentru acționarea indicatorului de control.

Dintre regulatoarele pentru montaj în cascadă, regulatorul pneumatic are cea mai largă răspîndire în procesele chimice.

În fig. 5.75 este reprezentat schematic un astfel de regulator. Pentru simplificare s-a reprezentat numai mecanismul pentru acționarea indicatorului de control format din releul R_0. Dispozitivul de comparare, dispozitivul de comandă și dispozitivul de execuție sînt aceleași ca ale regulatoarelor pneumatice descrise anterior.

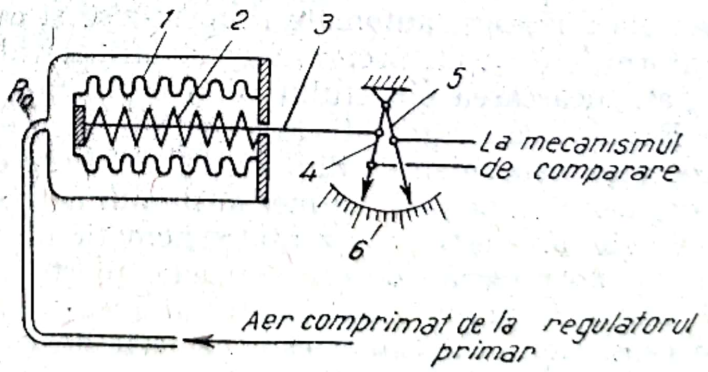


Fig. 5.75. Regulator pneumatic pentru montaj în cascadă:
1 — burduf metalic; 2 — arc; 3 — tijă; 4 — indicator de control; 5 — indicator al valorii prescrise; 6 — cadran; R_0 — releu.

Aerul comprimat de la regulatorul primar intră în releul receptor R_0 determinînd comprimarea sau destinderea burdufului metalic 1. Prin intermediul tijei 3 indicatorul de control 4 se deplasează corespunzător variației de presiune a aerului de la regulatorul primar. Regulatorul este prevăzut și cu un mecanism manual de fixare a valorii prescrise.

În fig. 5.76 este reprezentat montajul „în cascadă" a două regulatoare pneumatice.

Aerul comprimat de la sursă alimentează în paralel atît regulatorul primar R_p, cît şi regulatorul secundar R_s. Aerul care iese de la dispozitivul de comandă al regulatorului R_p alimentează releul receptor al regulatorului R_s (fig 5.76), iar aerul de la dispozitivul de comandă al regulatorului R_s acţionează asupra ventilului de reglare VR. În acest mod funcţionarea ventilului de reglare VR este determinată atît de variaţiile parametrului de reglare măsurate de regulatorul secundar R_s, cît şi de cele măsurate de regulatorul primar R_p.

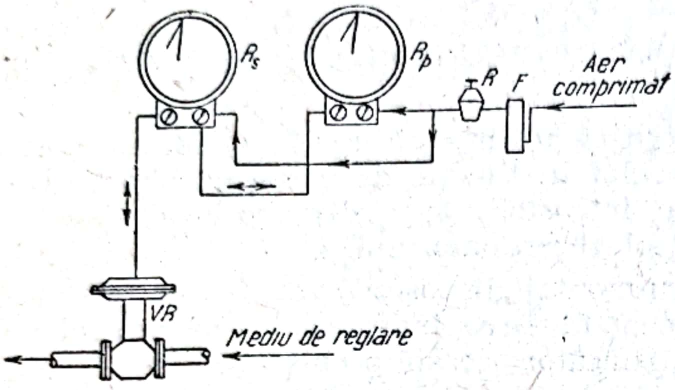


Fig. 5.76. Montajul în cascadă al regulatoarelor pneumatice:

R_p — regulator primar; R_S — regulator secundar; VR — ventil de reglare; F — filtru; R — reductor de presiune

Regulatorul primar R_p trebuie să fie în ceea ce priveşte acţiunea de reglare, proporţional şi integral sau proporţional, integral şi derivativ. Nu se admite în nici un caz folosirea regulatorului cu două poziţii ca regulator primar.

5.8. REGLAREA AUTOMATĂ DUPĂ PROGRAM

S-a arătat anterior că reglarea automată după program este o formă specială a reglării automate propriu-zise şi constă în varierea automată în conformitate cu un program prestabilit a valorii prescrise a parametrului reglat, încărcarea obiectului fiind constantă.

Regulatorul automat de program (denumit pe scurt regulatorul de program) este identic din punct de vedere constructiv cu regulatorul propriu-zis cu deosebirea mecanismului de fixare a valorii prescrise.

În fig. 5.77 este reprezentat schematic un mecanism de fixare a regulatorului de program de o construcţie foarte răspîndită.

Cama *1* este rotită cu ajutorul unui motor electric sincron sau mecanism de ceas. Conturul camei este urmărit de cursorul *2*, deplasarea acestuia fiind transmisă indicatorului valorii prescrise 5.

În modul arătat anterior la descrierea regulatoarelor automate deplasarea indicatorului 5 este transmisă dispozitivului de comandă care determină varierea parametrului de reglare de către dispozitivul de execuţie.

Conturul camei *1* reprezintă programul prestabilit de variere în timp a valorii prescrise a parametrului reglat în conformitate cu procesul respectiv.

Schimbarea programului atrage după sine schimbarea camei.

Scanned with OKEN Scanner

În cazurile cînd aceste schimbări sînt frecvente, cum este de exemplu la instalațiile pilot și experimentale, regulatoarele de program sînt prevăzute cu came ajustabile.

În fig. 5.78 este reprezentată o astfel de camă formată din doi seg-

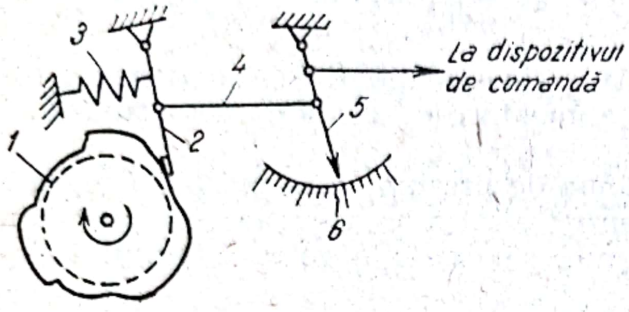


Fig. 5.77. Mecanism de fixare a regulatorului de program:
1 — camă; *2* — cursor; *3* — arc; *4* — braț de pîrghie; *5* — indicator de control; *6* — cadran.

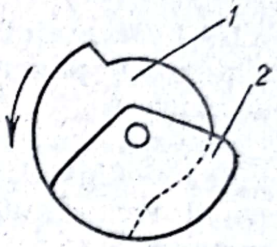


Fig. 5.78. Camă ajustabilă:
1 — segment de bază; *2* — segment de ajustare.

menți. Prin rotirea manuală a segmentului de ajustare *2* se schimbă conturul camei și în consecință programul de reglare.

Regulatoarele de program cele mai răspîndite în procesele chimice sînt de temperatură, presiune și debit și de tipul pneumatic, hidraulic, electric și electropneumatic.

5.9. MONTAJUL ȘI ANEXELE REGULATOARELOR AUTOMATE

Corectitudinea montajului este unul dintre factorii esențiali care asigură buna funcționare a regulatoarelor automate și în consecință desfășurarea normală a procesului tehnologic.

Felul montajului depinde în special de natura energiei folosite pentru acționarea regulatoarelor (presiunea aerului, presiunea lichidului sau tensiunea curentului electric), de locul de instalare a acestora (locale sau la distanță) și de particularitățile procesului tehnologic: sensibilitatea față de variațiile parametrilor tehnologici, pericolul de explozie și incendiu, coroziunea etc.

Datorită complexității funcționale și constructive a regulatoarelor automate pe de o parte și a proceselor chimice pe de altă parte, montajul regulatoarelor automate constituie o problemă de înaltă tehnicitate.

Tendința actuală în instalațiile chimice este montajul regulatoarelor automate la tablouri centrale, montajul local fiind aplicat în deosebi în instalațiile pilot și experimentale sau cu procese discontinue.

În general, montajul unui regulator automat comportă:

— montajul elementului primar al regulatorului (elementul de captare al aparatului de măsurat);
— montajul regulatorului automat propriu-zis;
— montajul dispozitivului de execuție.

Elementele primare ale regulatoarelor fiind elementele primare ale aparatelor de măsurat, se montează la fel ca la acestea din urmă.

Montajul regulatorului propriu-zis şi al dispozitivului de execuţie este condiţionat în special de tipul regulatorului din punctul de vedere al energiei externe utilizate (regulator pneumatic, regulator hidraulic, regulator electropneumatic etc.).

5.9.1. **Montajul şi anexele regulatoarelor pneumatice.** Funcţionarea regulatoarelor pneumatice necesită o alimentare continuă cu aer comprimat pur şi uscat.

Datorită variaţiilor mari şi continue de presiune care există în reţelele de aer ale instalaţiilor chimice, pentru alimentarea cu aer comprimat a regulatoarelor automate se recomandă să existe o reţea cu totul independentă.

În fig. 5.79 este reprezentată schema unei instalaţii de alimentare cu aer comprimat a regulatoarelor automate. Aerul trecut prin filtrul *1*, în care sînt reţinute particulele solide, este comprimat la o presiune cuprinsă între 2—10 kgf/cm² într-unul din compresoarele *2* şi răcit în răcitorul *3*, după care este introdus în vasul tampon *5*. Vasul tampon este prevăzut cu un manometru A_1 şi o supapă de siguranţă *6*. Din vasul tampon aerul comprimat trece printr-un filtru *7* care are rolul de a reţine particulele de ulei apoi printr-unul din cele două filtre *8* pentru reţinerea umidităţii (de obicei umplut cu silicagel) şi de la acesta la distribuitorul *9*.

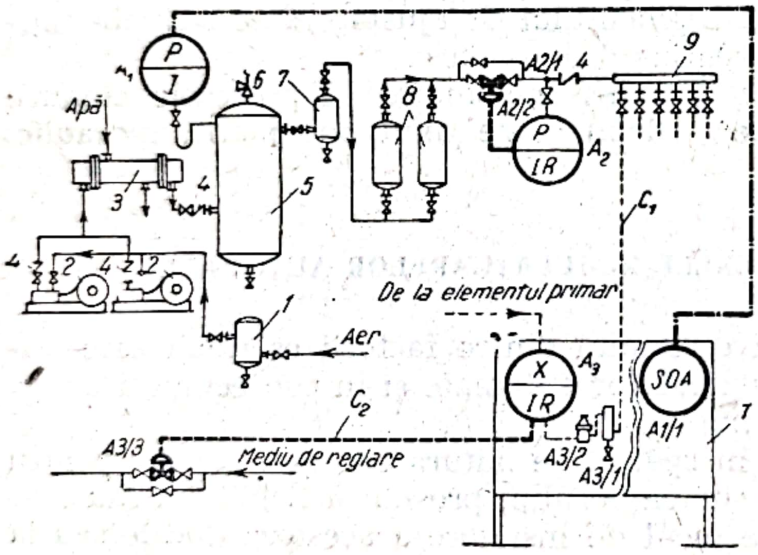


Fig. 5.79. Schema alimentării cu aer comprimat a regulatoarelor pneumatice:

1 — filtru; *2* — compresor; *3* — răcitor; *4* — robinet de reţinere; *5* — vas tampon; *6* — supapă de siguranţă; *7* — filtru de ulei; *8* — filtru cu silicagel; *9* — distribuitor; *A1* — manometru; *A1/1* — dispozitiv de semnalizare acustică şi optică; *A2* — regulator de presiune; *A2/1* — priză de presiune; *A2/2*, *A3/3* — ventil de reglare; *A3* — regulator oarecare; *A3/1* — filtru; *A3/2* — reductor de presiune; *T* — tablou; C_1, C_2 — conducte pentru aer.

Regulatorul de presiune A_2 asigură alimentarea regulatoarelor automate cu aer la presiune constantă.

De la distribuitor aerul comprimat alimentează regulatoarele automate. În figură a fost reprezentat numai un singur regulator. De obicei, fiecare regulator este prevăzut cu un filtru *A3/1* pentru reţinerea particulelor solide şi a umidităţii rămase, şi un reductor de presiune *A3/2* care reduce presiunea aerului la circa 1,1 kgf/cm². De la regulator aerul comprimat este condus la ventilul de reglare *A3/3* instalat pe conducta prin care circulă mediul de reglare.

Scanned with OKEN Scanner

Capacitatea compresoarelor *2* depinde de numărul și construcția regulatoarelor pneumatice alimentate cu aer. În medie, un regulator pneumatic necesită 0,3—0,6 m^3N/h aer. În mod obișnuit compresoarele *2* sînt de tipul cu piston și motor electric sau abur.

În instalațiile mari prevăzute cu un mare număr de regulatoare automate instalația de alimentare cu aer comprimat a regulatoarelor automate este prevăzută (pentru cazuri de avarii) cu un compresor de rezervă, care intră în funcțiune automat în momentul scăderii presiunii înaintea distribuitorului de aer.

Priza de aer a compresorului trebuie să fie într-un loc cu temperatura cît mai scăzută, dat fiindcă umiditatea aerului este cu atît mai mică, cu cît temperatura este mai scăzută. De asemenea, priza de aer se recomandă a fi în exteriorul clădirilor și departe de locurile de evacuare a aburului mort sau de alte surse de umiditate și impurificare a aerului.

Prezența particulelor solide în aerul care alimentează compresorul duce la o uzură rapidă a acestuia. Eliminarea particulelor solide din aer este făcută cu filtrul *1* de obicei umplut cu pîslă.

Umiditatea care există în aer prezintă următoarele dezavantaje:

— coroziunea conductelor de aer comprimat;

— reducerea secțiunii de trecere a aerului prin conducte datorită condensării apei;

— înfundarea conductelor prin înghețarea apei la temperaturi scăzute;

— înfundarea strangulărilor și ajutajelor regulatorului din cauza ruginii care se formează.

Ca urmare a acestor dezavantaje, eliminarea umidității aerului se impune ca obligatorie în vederea asigurării funcționării normale a regulatoarelor pneumatice.

Răcitorul *3* are rolul de a îndepărta o mare parte din umiditate prin condensare. Răcirea aerului după compresor cu ajutorul răcitorului *3* este inutilă cînd există condițiile pentru o răcire naturală.

Îndepărtarea mai completă a umidității se face prin absorbție chimică în două filtre (unul în funcțiune și altul în rezervă). Printre diferiții absorbanți chimici se utilizează cel mai frecvent silicagelul (99,6% SiO_2).

În instalațiile care necesită un debit mare de aer pentru regulatoarele pneumatice, instalația pentru absorbția chimică a umidității este mai complicată. În fig. 5.80 este arătată o asemenea instalație cu funcționare discontinuă constînd din două turnuri cu diametrul de 600 mm și înălțimea de 1 000 mm, un încălzitor electric și patru robinete cu trei căi.

Aerul supus uscării este trecut printr-unul din cele două turnuri și de aici în conducte de alimentare a regulatoarelor automate. După saturarea cu umiditate a silicagelului, aerul este trecut prin al doilea turn în timp ce în primul turn se face regenerarea silicagelului cu ajutorul aerului încălzit la circa 200°C în încălzitorul electric 5. Aerul cald pentru regenerare este evacuat în atmosferă. Operațiile se repetă ciclic, durata perioadei fiecărui ciclu fiind de 8 ore.

Turnurile *1* și *2* sînt prevăzute cu serpentine pentru răcirea cu apă a silicagelului.

Scanned with OKEN Scanner

Alimentarea cu apă a serpentinei este întreruptă în timpul regenerării.

Există instalaţii la care toate operaţiile pentru introducerea aerului în turnuri, alimentarea cu apă şi introducerea aerului pentru regenerare se face automat cu ajutorul unui regulator de program acţionat de un electromotor sincron. Ventilele cu trei căi sînt în acest caz ventile de reglare pneumatice sau electrice.

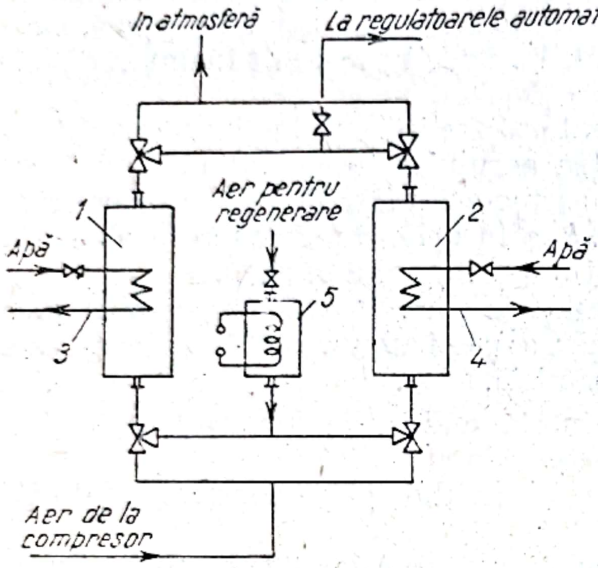


Fig. 5.80. Schema unei instalaţii cu silicagel pentru uscarea aerului:
1, 2 — turn cu silicagel; *3, 4* — şerpentină; *5* — încălzitor electric.

Uleiul care se află în aerul comprimat şi care provine din compresor are acţiune corosivă asupra membranelor de cauciuc ale ventilelor de reglare.

Metoda cea mai simplă pentru îndepărtarea uleiului din aer s-a dovedit a fi aceea prin şicane. În filtrul de ulei 7 (fig. 5.79) prevăzut cu şicane viteza aerului este redusă la circa 0,3 m/s, ceea ce duce la o depunere a particulelor de ulei.

Pentru îndepărtarea mai completă a particulelor solide existente în aer (praf, rugină), fiecare regulator automat este prevăzut cu un mic filtru (de obicei cu diametrul de 50 mm şi înălţimea de 200 mm) cu pîslă.

În vederea alimentării cu presiune constantă fiecare regulator este prevăzut cu un reductor de presiune. Presiunea maximă la intrarea în acesta este 10 kgf/cm^2, iar presiunea la ieşire poate fi reglată în limitele 0,5—2,5 kgf/cm^2.

Manometrul A_1 care măsoară presiunea în vasul tampon 5 este prevăzut cu două contacte electrice de semnalizare pentru semnalizarea la tablou a presiunii minime (1,7 kgf/cm^2) şi maxime (4 kgf/cm^2).

La cele mai multe instalaţii pornirea şi oprirea compresorului se face automat în funcţie de presiunea din vasul tampon. Aparatul de comandă este manometrul cu contacte electrice A_1.

Conducta C_1 de la distribuitor la regulator şi conducta C_2 de la acesta la ventilul de reglare sînt de obicei din cupru pentru evitarea formării de rugină în urma acţiunii umidităţii din aer. În vederea realizării de economii se folosesc adeseori conducte de oţel galvanizate. Dimensiunile obişnuite ale conductelor regulatoarelor automate sînt ∅ 8×1 mm şi ¼". De curînd au început a fi folosite conducte din polietilenă şi alte mase plastice în locul conductelor metalice.

În funcţie de condiţiile meteorologice (umiditatea aerului, temperatura etc.), de numărul regulatoarelor automate utilizate, de tipul compresoarelor de aer şi de condiţiile locale ale fiecărei instalaţii (existenţa

aerului uscat sau a unor gaze inerte ca azotul), schema reprezentată în fig. 5.79 se simplifică corespunzător.

Astfel, dacă temperatura aerului la ieșirea din compresor nu are o valoare ridicată, răcitorul *3* nu mai este necesar. Dacă ungerea compresorului este făcută corespunzător, aerul comprimat nu conține ulei și filtrul de ulei 7 este inutil.

De asemenea, regulatorul de presiune A_2 nu se folosește atunci cînd variațiile de presiune din conducta de alimentare a regulatoarelor automate nu sînt mari și frecvente.

5.9.2. **Montajul și anexele regulatoarelor hidraulice.** Funcționarea regulatoarelor hidraulice necesită o alimentare continuă cu un lichid. Ca lichid se folosește uleiul de transformator cu viscozitatea de 5°E la 20°C. Dacă temperatura mediului ambiant în care se află montat regulatorul este mai scăzută decît 10°C se adaugă uleiului 25% petrol lampant.

Instalația de alimentare a regulatorului hidraulic cu lichid este simplă. O astfel de instalație este reprezentată în fig. 5.81.

Regulatorul hidraulic A_2 este alimentat cu lichid din conducta C_1 de refulare a pompei cu roți dințate *1*. Presiunea de refulare a pompei este circa 6 kgf/cm², iar debitul depinde de numărul de regulatoare deservite. În medie pentru un regulator este suficient un debit de 15 l/min.

Din regulator lichidul se scurge prin conducta C_2 în rezervorul *2* și de aici este recirculat de către pompa *1*.

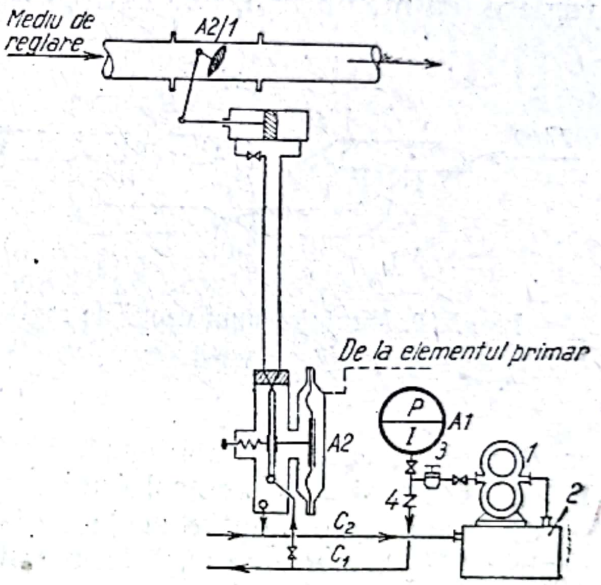


Fig. 5.81. Schema alimentării cu lichid a regulatoarelor hidraulice:

1 — pompă rotativă; *2* — rezervor; *3* — reductor de presiune; *4* — robinet de reținere; *A1* — manometru; *A2* — regulator hidraulic; *A2/1* — organ de execuție cu paletă; C_1, C_2 — conductă pentru lichid.

Reductorul de presiune *3* are rolul de a nu permite o creștere a presiunii peste valoarea stabilită.

Conducta C_1 de alimentare a regulatorului cu lichid și conducta C_2 de readucere a uleiului în rezervorul pompei sînt din oțel de calitate cu dimensiunea 3/8" pentru lungimi pînă la 30 m și 1/2" pentru lungimi peste 30 m.

Se recomandă pentru o funcționare normală a regulatorului, ca distanța de la dispozitivul de comandă al regulatorului pînă la mecanismul de execuție să nu depășească 60 m.

În ultimul timp s-au construit regulatoare hidraulice la care dispozitivul de comandă este montat în același bloc cu pompa și rezervorul de ulei. Asemenea regulatoare sînt prevăzute fiecare cu pompa sa de ulei.

Scanned with OKEN Scanner

5.9.3. **Montajul şi anexele regulatoarelor electrice.** Montajul regulatoarelor electrice ridică aceleaşi probleme ca oricare aparate electrice, iar anexele acestora sînt cele cunoscute pentru alimentarea cu energie electrică a aparatelor electrice (transformatoare, siguranţe de protecţie, rezistenţe de compensaţie, întrerupătoare, comutatoare etc.).

Alimentarea cu energie electrică a regulatoarelor electrice se face de la tabloul de lumină electrică. Se prevede o alimentare de rezervă.

Atunci cînd se folosesc regulatoare electrice în instalaţii care prezintă pericol de explozie, toate piesele electrice care pot produce scîntei trebuie să fie capsulate, sau montate în încăperi speciale, izolate, sau în exterior.

5.9.4. **Montajul ventilelor de reglare.** Indiferent de tipul ventilului de reglare (cu membrană, magnetic, sau cu motor electric), acesta se montează în modul indicat în fig 5.82. Conducta de ocolire C_2 şi cele trei robinete auxiliare permit întreţinerea şi ajustarea ventilului de reglare sau demontarea acestuia în caz de defecţiune.

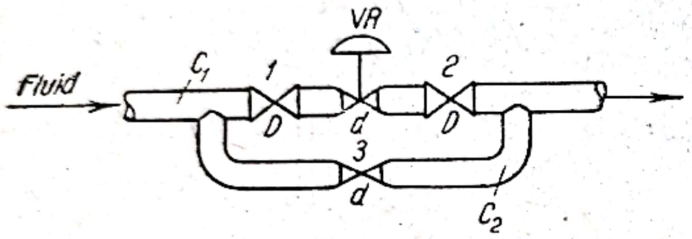


Fig. 5.82. Montajul unui ventil de reglare:
1, 2, 3 — robinet; VR — ventil de reglare; C_1 — conductă principală; C_2 — conductă de ocolire.

Anterior s-a arătat că diametrul nominal al ventilului de reglare este de obicei mai mic decît diametrul conductei în care se montează. Sînt necesare din această cauză reducţii. Robinetele *1* şi *2* au acelaşi diametru nominal D ca al conductei C_1. Robinetul *3* are aproximativ acelaşi diametru nominal d ca al ventilului de reglare *VR* în vederea creării în sistem a unei aceleaşi căderi de presiune ca în ventilul de reglare.

La o funcţionare normală a ventilului de reglare robinetul *3* trebuie să fie complet închis, iar robinetele *1* şi *2* complet deschise pentru evitarea unei căderi de presiune, în acestea.

Este important de semnalat că atunci cînd se folosesc dispozitive de poziţionare se are în vedere eventuala defectare a acestora şi se prevede o conductă de ocolire care permite alimentarea directă a ventilului de reglare.

Montajul ventilelor de reglare este un factor principal care asigură funcţionarea normală a unui regulator automat avînd în vedere că acesta determină varierea directă a parametrului de reglare.

5.10. ALEGEREA REGULATOARELOR AUTOMATE ÎN PROCESELE CHIMICE

Alegerea regulatoarelor automate în procesele chimice şi în general în procesele tehnologice, comportă două faze şi anume: stabilirea acţiunilor de reglare (cu două poziţii *P*, *PI*, *PD* sau *PID*) şi stabilirea tipurilor constructive ale regulatoarelor, capabile de a realiza acţiunile de reglare necesare.

Scanned with OKEN Scanner

Stabilirea acţiunii de reglare se face după criteriul de stabilitate a sistemului de reglare automată expus mai înainte.

Funcţionarea oricărui regulator, chiar a celui mai perfecţionat din punct de vedere constructiv, decurge nesatisfăcător dacă sistemul de reglare automată respectiv este nestabil.

La stabilirea tipului constructiv al regulatorului se iau în consideraţie o serie de factori caracteristici procesului în care se aplică, dintre care cei mai importanţi sînt:

— mediul reglat (proprietăţi fizice şi chimice);
— parametrul reglat (valoarea medie, maximă şi minimă, abaterea admisă a valorii reglate, scara de reglare, programul de reglare);
— mediul de reglare (proprietăţi fizice şi chimice);
— parametrul de reglare (valoarea medie, maximă şi minimă);
— locul de montaj al elementului primar şi al dispozitivului de execuţie al regulatorului (utilaj, aparat, agregat, conductă);
— locul de montaj al regulatorului propriu-zis (local, la tablou, pe perete etc.);
— funcţiile necesare ale regulatorului (indicare, înregistrare, integrare, semnalizare, cu transmitere la distanţă etc.);
— mediul ambiant în care se află montat regulatorul (temperatură, presiune, pericol de incendiu şi explozie şi acţiune corosivă).

Fişele tehnice care se completează în vederea procurării regulatoarelor automate de la firmele constructoare trebuie să conţină date privitoare la toţi factorii enumeraţi anterior.

Atunci cînd mai multe tipuri constructive de regulatoare corespund unei anumite cerinţe se iau în consideraţie avantajele şi dezavantajele fiecăruia.

Regulatoarele pneumatice oferă o serie de avantaje:

— siguranţă în exploatare;
— manipulare uşoară;
— întreţinere şi reparare simplă;
— nu prezintă pericol de explozie şi incendiu;
— permit combinaţii în privinţa acţiunilor de reglare fără modificări constructive complicate;
— cost de fabricaţie, montaj şi întreţinere în exploatare relativ scăzut.

Dezavantajul principal al acestor regulatoare este necesitatea unei execuţii de mare precizie.

Regulatoarele hidraulice prezintă următoarele avantaje:

— siguranţă în exploatare;
— manipulare uşoară;
— întreţinere şi reparare simplă;
— permit combinaţii ale acţiunilor de reglare fără modificări constructive complicate.

Dezavantajele sînt:

— necesită o execuţie de mare precizie;
— cost de fabricaţie mai ridicat decît al regulatoarelor pneumatice;
— prezintă pericol de incendiu;

Scanned with OKEN Scanner

— necesită o instalaţie anexă mai complicată decît a regulatoarelor pneumatice;
— au dimensiuni de gabarit mai mari decît regulatoarele pneumatice şi electrice.

Regulatoarele electrice oferă avantajele energiei electrice şi anume:
— pot fi folosite la mari distanţe;
— necesită instalaţii auxiliare mai simple decît celelalte tipuri;
— montaj uşor de realizat.

Dezavantajele regulatoarelor electrice sînt:
— prezintă pericol de explozie;
— întreţinere şi reparare mai complicată decît în cazul regulatoarelor pneumatice şi hidraulice;
— combinaţiile în privinţa secţiunilor de reglare necesită modificări constructive complicate.

Un dezavantaj comun al regulatoarelor pneumatice, hidraulice şi electrice este folosirea unei surse auxiliare de energie.

Regulatoarele autoacţionate prezintă două avantaje principale şi anume:
— construcţie simplă;
— nu necesită energie auxiliară pentru funcţionare.

Principalele dezavantaje ale acestor regulatoare sînt:
— nu pot fi instalate la tablouri;
— nu permit combinaţii în privinţa acţiunii de reglare.

În privinţa aparatelor de măsurat care aparţin regulatoarelor automate, alegerea acestora este condiţionată de aceeaşi factori care se iau în consideraţie la aparatele de măsurat, independente.

În procesele chimice cea mai largă răspîndire o au regulatoarele pneumatice. O excepţie există în legătură cu regulatoarele de temperatură la care măsurarea se face electric, dar la care în modul cel mai frecvent acţionarea dispozitivului de execuţie se face tot pneumatic.

Tendinţa manifestată în ultimii ani pentru un control centralizat al parametrilor a lărgit domeniul de utilizare al măsurărilor electrice, însă fără a reduce domeniul de utilizare al acţionărilor pneumatice.

5.11. VERIFICAREA ŞI PUNEREA LA PUNCT A REGULATOARELOR AUTOMATE

Verificarea şi punerea la punct a regulatoarelor automate este necesară pentru asigurarea unei reglări automate optime.

Verificarea regulatoarelor automate constă în verificarea elementelor constructive ale acestora (aparatul de măsurat, dispozitivul de comparare, dispozitivul de comandă şi dispozitivul de execuţie).

Datorită variaţiei constructive a regulatoarelor automate, metodele de verificare sînt foarte diferite. Instrucţiunile de verificare a regulatoarelor automate sînt expuse de obicei în instrucţiunile de montaj şi exploatare întocmite de fabricile constructoare.

Scanned with OKEN Scanner

Punerea la punct a regulatoarelor automate constă în stabilirea constantelor care caracterizează acțiunea de reglare: intervalul de proporționalitate, timpul acțiunii integrale și timpul acțiunii derivative. Stabilirea acestor constante se poate face prin analiza teoretică a sistemului de reglare respectiv, sau atunci cînd nu este posibilă această analiză, prin metode empirice.

Se folosesc pentru punerea la punct a regulatoarelor automate trei metode empirice.

1. Metoda încercărilor succesive, constă în alegerea combinației optime privind intervalul de proporționalitate, timpul acțiunii integrale și timpul acțiunii derivative.

Datorită numărului mare de combinații posibile metoda este greoaie și chiar neaplicabilă de cele mai multe ori.

2. Metoda lui Ziegler și Nichols poate fi utilizată în majoritatea cazurilor. Aceasta constă din stabilirea prin calcul sau experimental a curbei reacției sistemului de reglare automată. Stabilirea experimentală a curbei se face prin producerea unei variații finite a parametrului de reglare și măsurarea în timp a variațiilor corespunzătoare ale parametrului reglat, după cum se poate vedea în fig. 5.83.

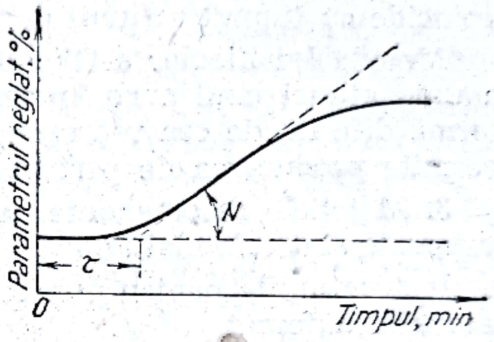


Fig. 5.83. Reacția unui sistem de reglare automată la o variație finită a parametrului de reglare:
τ — timpul mort; *N* — panta curbei reacției.

Pentru un regulator de tipul proporțional valoarea intervalului de proporționalitate este dată de ecuația empirică:

$$x_p = \frac{100\,N\,\tau}{\Delta P}, \tag{5.35}$$

în care:

x_p este intervalul de proporționalitate, în %;

ΔP — variația parametrului de reglare, în %.

Pentru un regulator de tipul *PI* se utilizează ecuațiile empirice:

$$x_p = \frac{110\,N\,\tau}{\Delta P}, \tag{5.36}$$

$$\beta = \frac{0{,}3}{\tau}, \tag{5.37}$$

în care β este constanta acțiunii integrale, în min;

Valoarea inversă a acesteia se denumește timpul acțiunii integrale $Tn = \frac{1}{\beta}$.

Pentru un regulator de tipul *PID* se utilizează ecuațiile empirice:

$$x_p = \frac{83\,N\,\tau}{\Delta P}, \tag{5.38}$$

$$\beta = \frac{0{,}5}{\tau}, \tag{5.39}$$

$$\gamma = 0{,}5\,\tau \tag{5.40}$$

în care γ este constanta acțiunii derivative, în min. Această constantă coincide cu timpul acțiunii derivative.

Metoda lui Ziegler și Nichols nu poate fi aplicată în toate cazurile și anume atunci cînd curba reacției sistemului de reglare automată are o formă diferită de cea reprezentată în fig. 5.83 și atunci cînd procesul nu permite producerea de perturbații în vederea stabilirii curbei de reacție.

3. Metodele recomandate de fabricile constructoare ale regulatoarelor automate sînt cele mai aplicate și în majoritatea cazurilor cele mai eficace.

Instrucțiunile pentru punerea la punct sînt specifice construcției regulatorului automat.

5.12. APLICAȚIILE REGLĂRII AUTOMATE LA PROCESELE CHIMICE

Reglarea automată a căpătat în procesele chimice moderne o răspîndire pe scară largă datorită efectelor pe care le realizează și dintre care cele mai importante sînt: scăderea prețului de fabricație, asigurarea unei calități uniforme a produselor și o mai mare securitate pentru instalații și personalul de deservire.

În general, reglarea automată este aplicată în două situații și anume:

— Cînd natura procesului sau operației nu permite supravegherea sa corespunzătoare de către om, ca de exemplu la fabricarea izotopilor radioactivi sau a produselor petrochimice.

Reglarea automată se impune în această situație nu numai ca o metodă de perfecționare tehnologică, ci însăși ca o necesitate esențială a desfășurării normale a procesului tehnologic.

— A doua situație în care se aplică reglarea automată este atunci cînd sînt cerințe stricte de calitate ale produselor, ca de exemplu la fabricarea fibrelor sintetice, cauciucului sintetic, maselor plastice, produselor farmaceutice etc.

Menținerea toleranțelor admisibile în privința proprietăților produselor intermediare și finite (greutate specifică, punct de topire, punct de fierbere etc.) nu este posibilă fără reglarea automată a parametrilor procesului.

În ultima vreme posibilitățile de reglare automată au fost mărite prin introducerea în industria chimică a unor procese și operații noi, ca de exemplu: adsorbția amestecurilor gazoase, prăjirea piritei și cracarea catalitică în strat fluidizat sau transportul pneumatic al solidelor.

Scanned with OKEN Scanner

Sînt însă multe procese și operații la care reglarea automată nu este indicată. Experiența a dovedit că excesul de reglare aduce uneori prejudicii mai mari decît reglarea automată insuficientă ca urmare a problemelor ridicate de investiții, montaj, întreținere și reparații.

În general, aplicarea reglării automate are loc în trei faze și anume:

— reglarea automată a principalilor parametri care asigură funcționarea optimă a agregatelor sau utilajelor luate separat, începînd cu acelea care au un rol important în desfășurarea proceselor ;

— reglarea automată a principalilor parametri care asigură desfășurarea proceselor și operațiilor unitare;

— reglarea automată a principalilor parametri care asigură desfășurarea normală a instalațiilor și a mai multor instalații independente.

Aplicațiile reglării automate în procesele chimice sînt variate și numeroase. În cele ce urmează vor fi arătate o serie de exemple dintre cele mai importante. Regulatoarele automate sînt reprezentate după sistemul de reprezentare convențională adoptat la Institutul IPROCHIM, București.

5.12.1. **Reglarea automată a temperaturii la schimbătoarele de căldură.** În fig. 5.84 este reprezentat modul de reglare a temperaturii unui schimbător de căldură de tipul cel mai obișnuit.

Fluidul rece care urmează a fi încălzit circulă în interiorul schimbătorului în contracurent cu mediul de încălzire (aburul) care îi cedează căldura.

Menținerea constantă a temperaturii fluidului la ieșirea din schimbătorul de căldură este realizată cu ajutorul regulatorului de temperatură *A* prin varierea automată a debitului de abur de încălzire. Elementul primar *A/1* al regulatorului este instalat în conducta de ieșire a fluidului din schimbător, iar ventilul de reglare *A/2* în conducta de intrare a aburului.

În același mod este reglată temperatura într-un schimbător de căldură care realizează răcirea unui fluid (răcitor). Ventilul de reglare este instalat în conducta de intrare a fluidului de răcire. Dezavantajul metodei constă în faptul că debitul fluidului de răcire este variabil ca urmare a funcționării ventilului de reglare. Dacă fluidul de răcire, după ieșirea din schimbătorul de căldură trece la un alt utilaj sau aparat, variațiile debitului acestuia constituie perturbații afectînd desfășurarea normală a procesului.

În fig. 5.85 este reprezentat modul de reglare a temperaturii la un schimbător de căldură tubular la care atît debitul fluidului de răcire, cît și al fluidului răcit rămîn constante.

Elementul primar *A/1* se află instalat în conducta de ieșire a fluidului a cărui temperatură trebuie menținută constantă, iar ventilul de reglare cu trei căi *A/2* este instalat în aceeași conductă înaintea elementului primar și împarte fluidul în două părți: o parte care circulă prin schimbătorul de căldură și o altă parte care îl ocolește. Fluidul care circulă prin schimbător este răcit sub temperatura prescrisă; prin amestec cu fluidul cald care circulă prin conducta de ocolire a schimbătorului de căldură, temperatura

sa ajunge la valoarea prescrisă. Prin urmare, menținerea constantă a temperaturii este realizată prin amestecarea fluidului răcit care iese din schimbătorul de căldură cu fluidul care îl ocolește.

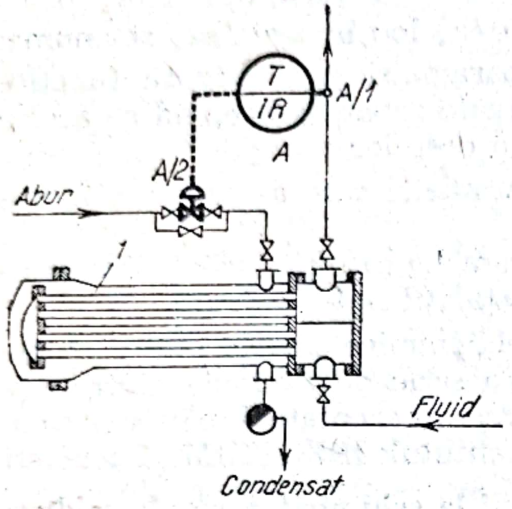


Fig. 5.84. Reglarea automată a temperaturii la un schimbător de căldură tubular:

1 — schimbător de căldură tubular; *A* — regulator de temperatură; *A/1* — element primar; *A/2* — ventil de reglare.

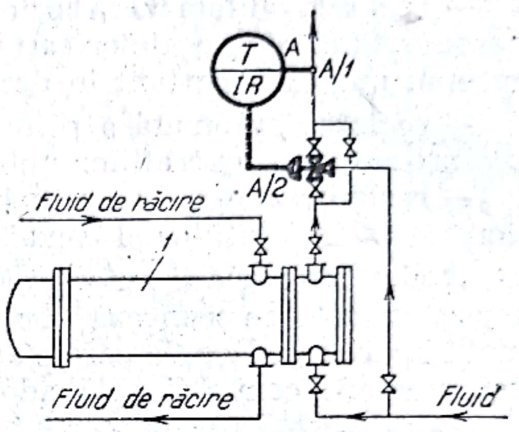


Fig. 5.85. Reglarea automată a temperaturii la un schimbător de căldură tubular:

I — schimbător de căldură tubular; *A* — regulator de temperatură; *A/1* — element primar; *A/2* — ventil de reglare cu trei căi.

Regulatoarele folosite în asemenea cazuri trebuie să aibă o reacție rapidă.

5.12.2. **Reglarea automată a temperaturii în vasele cu serpentină.** Vasele cu serpentină sînt frecvent utilizate în procesele chimice în special pentru încălzirea continuă a unor lichide și pentru desfășurarea reacțiilor chimice care necesită anumite temperaturi.

În fig. 5.86 este reprezentat modul de reglarea temperaturii unui vas cu serpentină de abur.

Elementul primar *A/1* al regulatorului de temperatură *A* pătrunde în lichidul a cărei temperatură trebuie menținută constantă. Creșterea sau scăderea temperaturii sub valoarea prescrisă determină închiderea, respectiv deschiderea ventilului de reglare *A/2*, și deci micșorarea sau mărirea debitului de abur care circulă prin serpentină.

Dezavantajul acestui mod de reglare a temperaturii este timpul lung necesar pentru încălzire.

În vederea reducerii timpului de încălzire a lichidului din vas se folosesc în paralel două ventile de reglare: unul cu secțiunea de trecere mai mare și altul cu secțiunea de trecere mai mică, după cum se reprezintă în fig. 5.87.

În cazul folosirii unui regulator de temperatură pneumatic, dacă presiunea efectivă a aerului comprimat de comandă variază între 0 și 1,1 kgf/cm², ventilul de reglare *A/2* cu secțiunea de trecere mai mare este

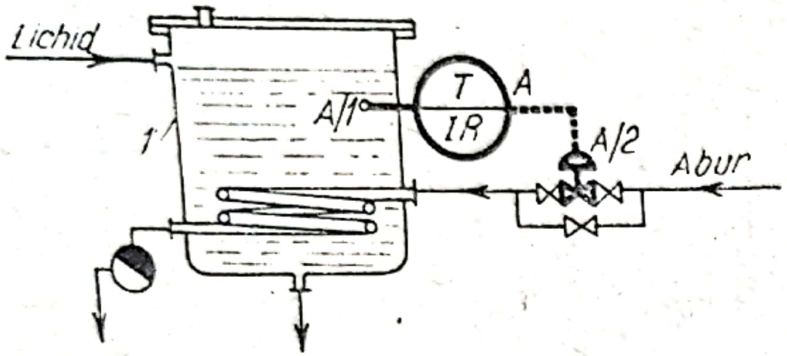


Fig. 5.86. Reglarea automată a temperaturii într-un vas cu serpentină:

1 — vas cu serpentină; A — regulator de temperatură; A/1 — element primar; A/2 — ventil de reglare.

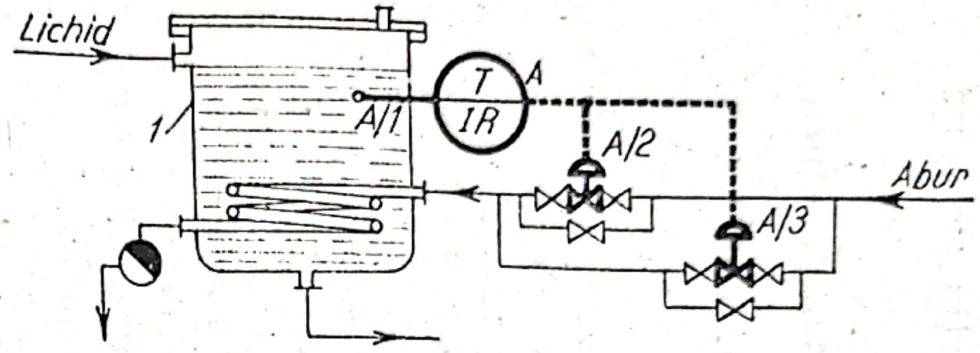


Fig. 5.87. Reglarea automată a temperaturii într-un vas cu serpentină prin folosirea a două ventile de reglare:

1 — vas cu serpentină; A — regulator de temperatură; A/1 — element primar; A/2, A/3 — ventil de reglare.

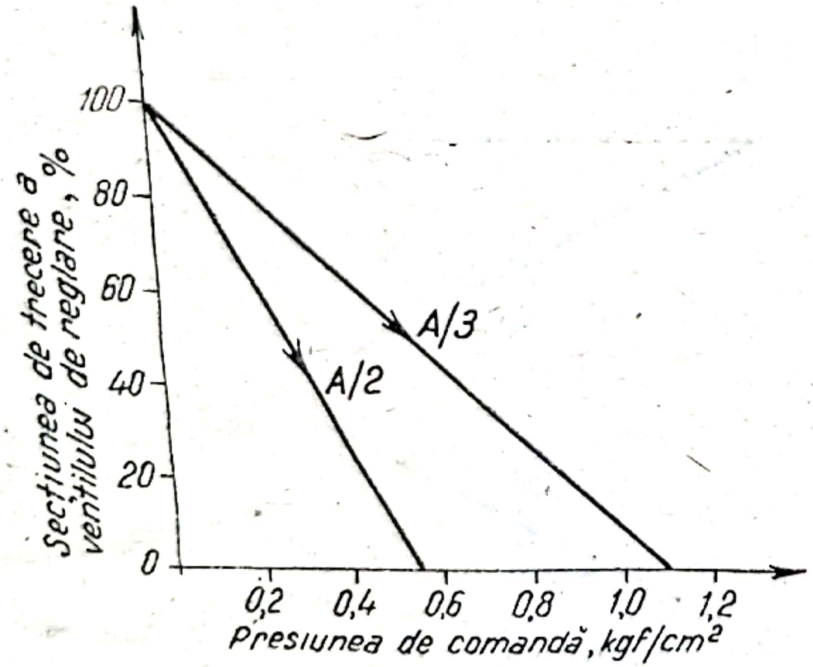


Fig. 5.88. Funcționarea ventilelor de reglare A/2 și A/3 din fig. 5.87.

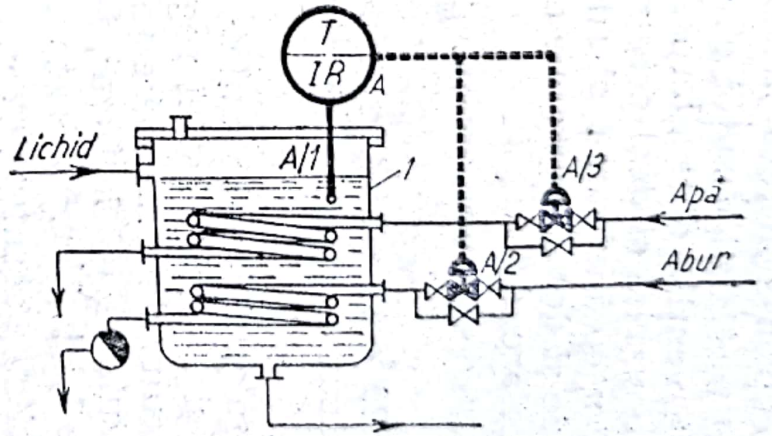


Fig. 5.89. Reglarea temperaturii într-un vas cu două serpentine:

1 — vas cu două serpentine; A — regulator de temperatură; A/1 — element primar; A/2, A/3 — ventil de reglare.

astfel reglat încît să funcţioneze cînd presiunea care apasă asupra membranei se află cuprinsă între 0 şi 0,55 kgf/cm², iar ventilul de reglare cu secţiunea de trecere mai mică *A/3* în aşa fel încît să funcţioneze cînd presiunea se află cuprinsă între 0 şi 1,1 kgf/cm².

În timpul încălzirii vasului cînd este necesară o mare cantitate de căldură, ambele ventile de reglare sînt deschise. Cînd temperatura a ajuns la valoarea prescrisă şi deci este necesară o cantitate de căldură mai mică (numai pentru compensarea pierderilor prin radiaţie), ventilul de reglare *A/2* se închide şi debitul de abur este reglat în continuare cu ajutorul ventilului de reglare *A/3*.

În fig. 5.88 este reprezentat grafic funcţionarea ventilelor de reglare *A/2* şi *A/3*.

În fig. 5.89 este arătat modul de reglare a temperaturii unui vas de reacţie prevăzut cu două serpentine: una pentru răcire şi alta pentru încălzire.

În cazul folosirii unui regulator de temperatură pneumatic ventilele de reglare *A/2* şi *A/3* sînt astfel reglate încît ventilul *A/2* se deschide cînd presiunea aerului de comandă este 0 kgf/cm² şi se închide complet la o presiune a acestuia de 0,5 kgf/cm², iar ventilul de reglare *A/3* se deschide la presiunea de 1,1 kgf/cm² şi se închide complet la presiunea de 0,6 kgf/cm².

Cînd presiunea aerului de comandă este cuprinsă între 0,5 şi 0,6 kgf/cm², ambele ventile de reglare sînt închise. Presiunea aerului comprimat de comandă fiind funcţie de valoarea temperaturii reglate, dacă temperatura din vas depăşeşte valoarea prescrisă ventilul *A/2* se închide, iar ventilul *A/3* se deschide; dacă temperatura scade sub valoarea prescrisă, ventilul de reglare *A/3* se închide, iar ventilul de reglare *A/2* se deschide. Cînd temperatura din vas este cea prescrisă, presiunea aerului de comandă se află cuprinsă între 0,5 şi 0,6 kgf/cm² şi ambele ventile de reglare sînt închise.

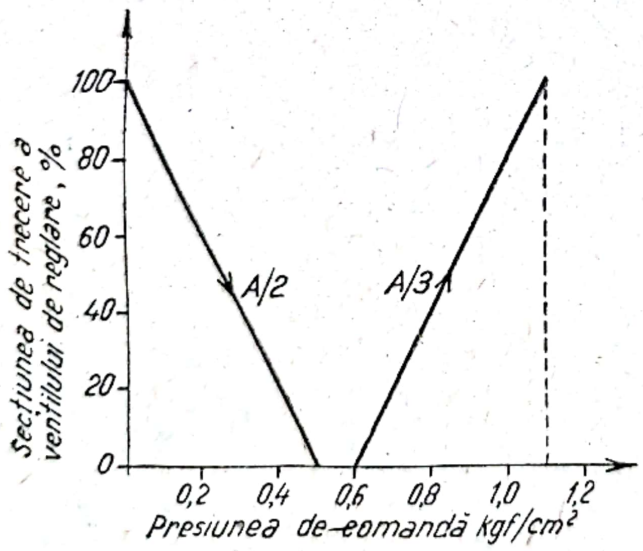


Fig. 5.90. Funcţionarea ventilelor de reglare *A/2* şi *A/3* din fig. 5.89.

În fig. 5.90 este reprezentată grafic funcţionarea ventilelor de reglare *A/2* şi *A/3*.

5.12.3. Reglarea automată a temperaturii în vasele cu manta. Vasele cu manta sînt de obicei folosite pentru reacţiile chimice exoterme care necesită răcire, pentru reacţiile chimice endoterme care necesită încălzire şi pentru încălzirea unor lichide care necesită agitare şi nu permit introducerea serpentinelor în vas.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 5.91 este reprezentat modul de reglare a temperaturii unui vas cu manta de încălzire.

Temperatura lichidului în interiorul vasului de reacție este menținută la valoarea prescrisă prin varierea automată a debitului de abur care circulă prin manta.

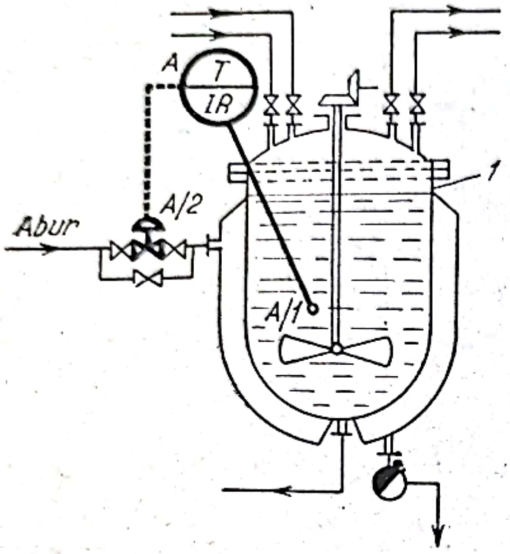


Fig. 5.91. Reglarea automată a temperaturii într-un vas de reacție cu manta de încălzire:

1 — vas de reacție cu manta; *A* — regulator de temperatură; *A/1* — element primar; *A/2* — ventil de reglare.

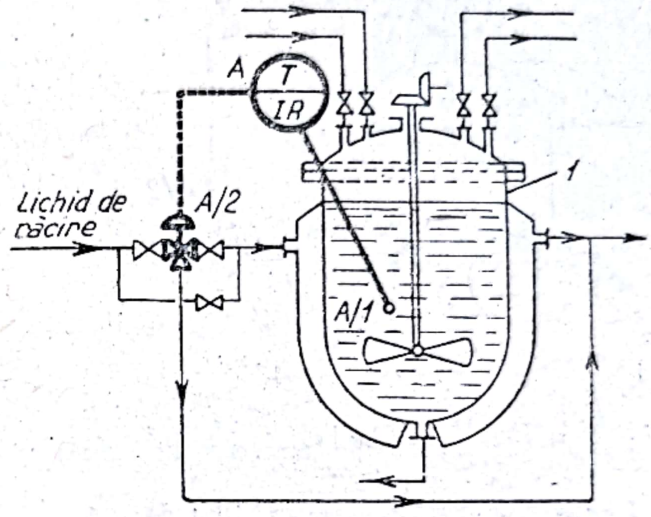


Fig. 5.92. Reglarea automată a temperaturii într-un vas de reacție cu manta de răcire:

1 — vas de reacție cu manta; *A* — regulator de temperatură; *A/1* — element primar; *A/2* — ventil de reglare cu trei căi.

În fig. 5.92 este reprezentat modul de reglare a temperaturii unui vas de reacție cu manta de răcire.

Temperatura din interiorul vasului este menținută la valoarea prescrisă prin varierea automată a debitului apei de răcire. Ventilul de reglare cu trei căi *A/2* permite o răcire rapidă a vasului de reacție prin circularea întregii cantități de lichid de răcire prin manta. Cînd valoarea temperaturii coincide cu valoarea prescrisă, ventilul de reglare cu trei căi *A/2* trimite numai o cantitate mică de lichid de răcire prin manta, cea mai mare parte fiind trimisă prin conducta de ocolire.

Metoda prezintă avantajul menținerii unui debit constant al lichidului de răcire după vasul de reacție.

5.12.4. **Reglarea automată a presiunii în vase.** Vasele sînt utilajele cele mai răspîndite atît în procesele chimice continue, cît și în cele discontinue, servind pentru reacții (vasele de reacție), pentru asigurarea continuității proceselor (vasele tampon) sau pentru depozitarea produselor gazoase și lichide (vasele de depozitare).

Reglarea automată a presiunii este necesară la vasele închise (de presiune sau vid) și mai ales la acelea în interiorul cărora au loc procese termice care determină variații de presiune.

În fig. 5.93 este reprezentată schema reglării automate a presiunii într-un vas de reacţie prevăzut cu serpentină de abur.

Regulatorul de presiune *A* măsoară presiunea vaporilor formaţi în spaţiul de deasupra lichidului şi determină varierea corespunzătoare a debitului de abur de încălzire.

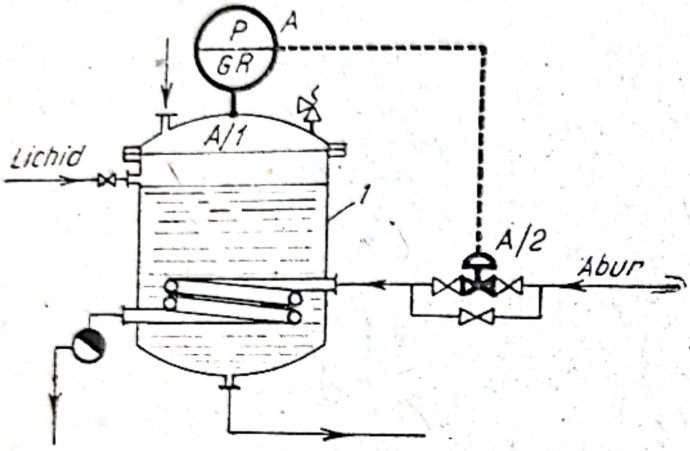


Fig. 5.93. Reglarea automată a presiunii într-un vas de reacţie cu serpentină de abur:

1 — vas de reacţie: *A* — regulator de presiune; *A/1* — priză de presiune; *A/2* — ventil de reglare.

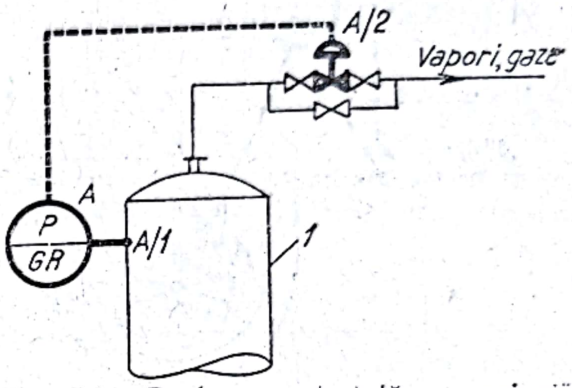


Fig. 5.94. Reglarea automată a presiunii într-un vas tampon:

1 — vas tampon; *A* — regulator de presiune; *A/1* — priză de presiune; *A/2* — ventil de reglare.

Menţinerea constantă a presiunii în vasul de reacţie este o metodă indirectă pentru menţinerea constantă a temperaturii din interiorul acestuia. Faţă de metoda obişnuită care utilizează un regulator de temperatură, aceasta prezintă o serie de avantaje: costul mai scăzut al regulatorului, montaj şi întreţinere mai simplă şi uneori o reglare mai bună ca urmare a timpului mort mai scurt.

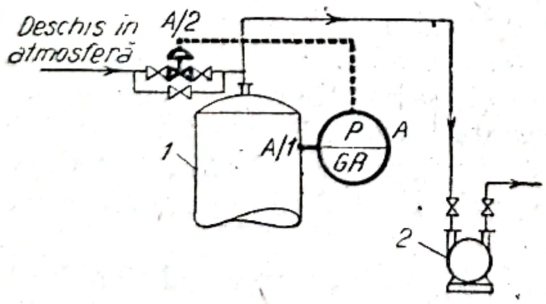


Fig. 5.95. Reglarea automată a vidului într-un vas la care sursa de vid este o pompă:

1 — vas; *2* — pompă de vid; *A* — regulator de presiune; *A/1* — priză de presiune; *A/2* — ventil de reglare.

În fig. 5.94 este reprezentată schema reglării automate a presiunii într-un vas tampon.

Menţinerea constantă a presiunii în interiorul acestuia se face prin varierea corespunzătoare a debitului de vapori sau gaz în conducta de evacuare, cu regulatorul de presiune *A*.

În fig. 5.95 este reprezentată schema reglării automate a vidului în interiorul unui vas, sursa de vid fiind o pompă.

Menţinerea constantă a vidului în vas este realizată cu regulatorul de presiune *A*. Priza de presiune *A/1* a acestuia este la partea superioară a vasului, iar ventilul de reglare *A/2* este montat pe o conductă deschisă în atmosferă.

Scanned with OKEN Scanner

Pompa de vid *2* produce în vas un vid mai înaintat decît cel necesar. Valoarea prescrisă a vidului în vas se obține prin admisia corespunzătoare a unei cantități de aer din atmosferă.

Pentru compensarea variațiilor de presiune ale atmosferei regulatorul de presiune *A* este construit pentru presiuni absolute.

Nu se recomandă montajul ventilului de reglare *A/2* în conducta de aspirație a pompei, deoarece căderea de presiune creată reduce apreciabil capacitatea acesteia.

În modul cel mai obișnuit ca sursă de vid se folosește ejectorul cu abur fiindcă nu are piese în mișcare și este ușor de întreținut.

În fig. 5.96 este reprezentată schema reglării automate a vidului într-un vas, sursa de vid fiind ejectorul cu abur.

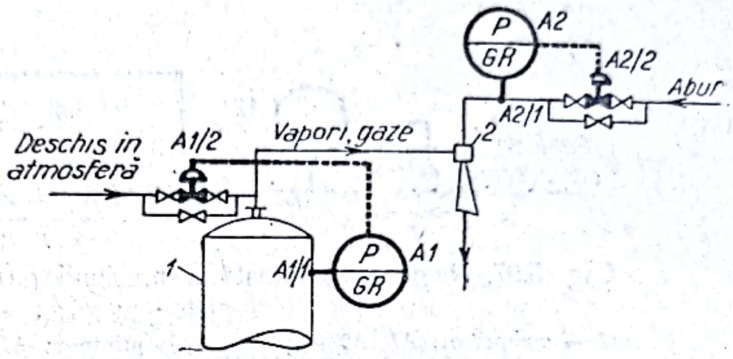


Fig. 5.96. Reglarea automată a vidului într-un vas la care sursa de vid este un ejector cu abur:
1 — vas; *2* — ejector; *A1*, *A2* — regulator de presiune; *A1/1*, *A2/1* — priză de presiune; *A1/2*, *A2/2* — ventil de reglare.

Menținerea constantă a vidului în vas este realizată de regulatorul de presiune *A1* în același mod ca în exemplul precedent cînd sursa de vid era o pompă.

Deoarece funcționarea ejectorului *2* este influențată apreciabil de presiunea aburului, este necesară menținerea constantă a presiunii acestuia cu regulatorul de presiune *A2*.

Nu este posibilă reglarea automată a vidului în vas prin varierea debitului de abur care alimentează ejectorul deoarece curba capacității unui ejector prezintă o pantă abruptă la valori ale presiunii aburului inferioare valorii critice.

De asemenea, nu se recomandă montajul ventilului de reglare *A1/2* în conducta de aspirație a ejectorului *2* pentru același motiv ca în cazul folosirii unei pompe ca sursă de vid.

5.12.5. **Reglarea automată a presiunii gazelor la compresoare.** O mare parte din compresoarele folosite în industria petrochimică pentru comprimarea gazelor sînt acționate de motoare cu gaze.

În fig. 5.97 este reprezentată schema reglării automate a presiunii gazului la un compresor acționat cu motor cu gaze.

Compresorul este prevăzut cu două regulatoare de presiune *A1* și *A2*. Regulatorul *A1* menține constantă presiunea gazului comprimat în conducta de refulare prin varierea corespunzătoare a debitului gazului de combustie, care alimentează motorul compresorului. Variațiile debitului gazului de combustie determină (la o presiune constantă a acestuia) variații ale turației motorului și, prin urmare, variații ale presiunii gazului comprimat în conducta de refulare.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece numărul de turaţii ale motorului depinde şi de presiunea gazului de combustie, compresorul este prevăzut cu un al doilea regulator de presiune *A2*. Acesta asigură o presiune constantă a gazului de combustie în conducta de alimentare a motorului compresorului.

În unele cazuri compresoarele sînt prevăzute cu un al treilea regulator de turaţie care închide admisia gazului de combustie cînd turaţia motorului ajunge la o limită maximă şi deschide admisia gazului de combustie cînd turaţia ajunge la limita minimă.

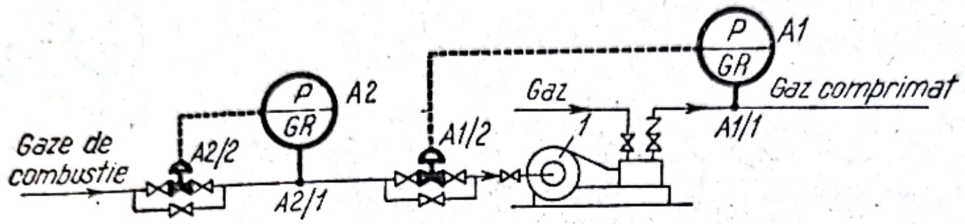


Fig. 5.97. Reglarea automată a presiunii gazelor la un compresor cu motor cu gaze:

1 — compresor; *A1*, *A2* — regulator de presiune; *A1/1*, *A2/1* — priză de presiune; *A1/2*, *A2/2* — ventil de reglare.

În fig. 5.98 este reprezentată schema reglării automate a presiunii gazelor la o instalaţie de comprimare formată din două compresoare care funcţionează în paralel.

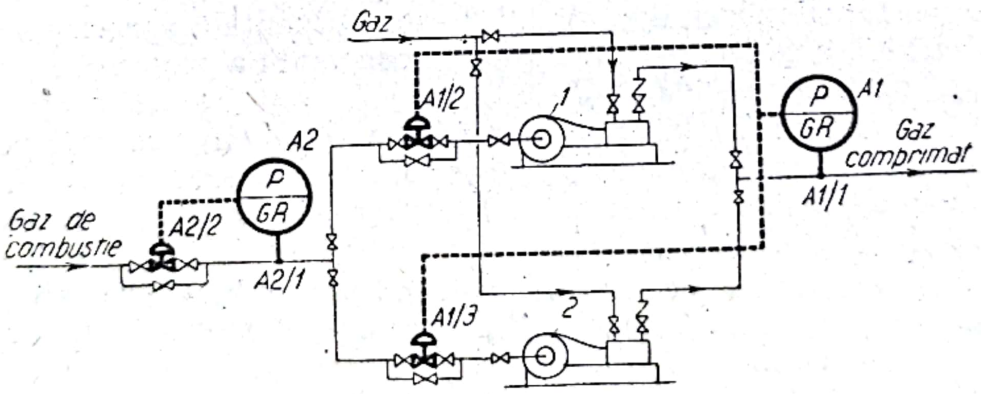


Fig. 5.98. Reglarea automată a presiunii gazelor la o instalaţie de comprimare cu două compresoare în paralel:

1, 2 — compresor; *A1*, *A2* — regulator de presiune; *A1/1*, *A2/1* — priză de presiune; *A1/2*, *A1/3*, *A2/2* — ventil de reglare.

Priza de presiune *A1/1* a regulatorului de presiune *A1* este în conducta comună de refulare a gazului comprimat. Regulatorul de presiune *A/1* are un număr de ventile de reglare egal cu numărul de compresoare şi sînt montate în conductele de admisie cu gaz de combustie ale fiecărui compresor. Regulatorul de presiune *A2* menţine constantă presiunea gazului de combustie în conducta comună de alimentare a compresoarelor.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 5.99 este reprezentată schema reglării automate a presiunii gazului la un compresor cu motor electric.

Reglarea presiunii gazului în conducta de refulare a compresorului se face prin varierea corespunzătoare a debitului de gaz de recirculare. Metoda este identică cu cea folosită la pompele rotative.

Regulatoarele automate folosite pentru reglarea automată a presiunii la compresoare sînt de obicei autoacționate sau pneumatice de tipul *P* sau *PI*.

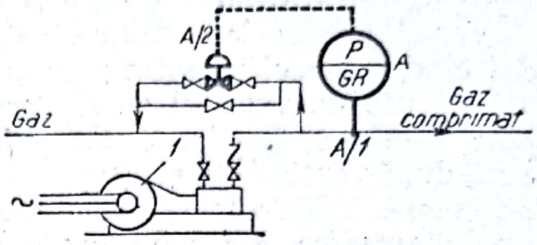


Fig. 5.99. Reglarea automată a presiunii la un compresor cu motor electric:

1 — compresor; *A* — regulator de presiune; *A/1* — priză de presiune; *A/2* — ventil de reglare.

5.12.6. **Reglarea automată a presiunii în rețelele de conducte pentru distribuirea gazelor.** Presiunea gazelor în rețelele de conducte pentru distribuirea gazelor este reglată automat în toate instalațiile moderne.

În fig. 5.100 este reprezentată schema reglării automate în două trepte a presiunii într-o rețea de conducte pentru distribuirea gazelor.

Schema este caracterizată printr-o utilizare rațională a regulatoarelor de presiune, un regulator acționînd mai multe ventile de reglare.

Regulatorul de presiune *A1* realizează prima treaptă de reducere a presiunii asigurînd menținerea constantă a acesteia în conducta C_1. Regulatorul de presiune *A2* realizează a doua treaptă de reducere a presiunii asigurînd o presiune constantă în conductele C_2 și C_3.

Pentru prima treaptă regulatoarele de presiune utilizate sînt de obicei de tipul *PI*. Pentru treapta a doua pot fi de tipul *P*, dar atunci cînd sarcina variază apreciabil se impune folosirea regulatoarelor de tipul *PI*.

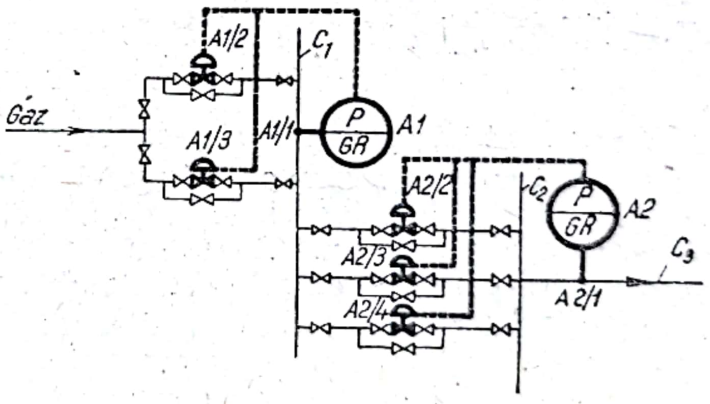


Fig. 5.100. Reglarea automată a presiunii într-o rețea de conducte pentru distribuirea gazelor:

C_1, C_2, C_3 — conducte cu presiune constantă; *A1*, *A2* — regulator de presiune; *A1/1*, *A2/1* — priză de presiune; *A1/2*, *A1/3* *A2/2*, *A2/3*, *A2/4* — ventil de reglare.

În general, regulatoarele de presiune ale rețelelor de joasă presiune pot fi de tipul *P* autoacționate sau servoacționate.

5.12.7. **Reglarea automată a debitelor fluidelor în conducte.** În foarte multe cazuri desfășurarea normală a proceselor chimice impune reglarea automată a debitelor fluidelor în conductele de alimentare ale instalațiilor, aparatelor și utilajelor.

În fig. 5.101 este reprezentată schema reglării automate a debitului de fluid în conducte.

Regulatoarele de debit cele mai frecvent folosite sînt cu manometru diferenţial sau balanţă inelară şi diafragmă.

Ventilul de reglare *A/2* se instalează în conductă înainte de diafragma *A/1* cînd procesul permite presiune variabilă înainte de ventilul de reglare şi impune presiune constantă (la debit constant) după ventilul de reglare (*a*). Ventilul de reglare *A/2* se instalează în conductă după diafragma *A/1* cînd procesul necesită presiune constantă (la debit constant)

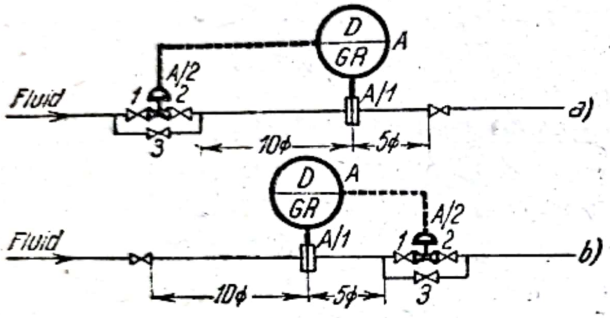


Fig. 5.101. Reglarea debitului de fluid în conducte:

A — regulator de debit; *A/1* — diafragmă; *A/2* — ventil de reglare; *1*, *2*, *3* — robinet cu ventil.

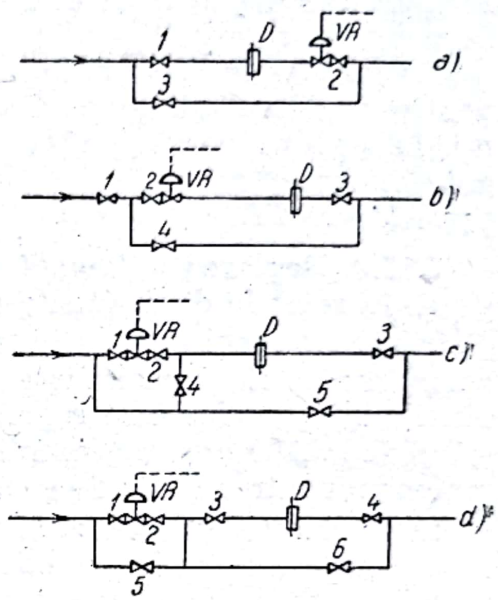


Fig. 5.102. Montajul ventilului de reglare şi al diafragmei în conducte:

D — diafragmă; *VR* — ventil de reglare; *1—6* — robinet cu ventil.

înainte de ventilul de reglare şi permite presiune variabilă după acesta (*b*).

Se recomandă ca înaintea diafragmei să existe o porţiune de conductă dreaptă şi lipsită de fitinguri, egală cu cel puţin de zece ori diametrul interior al conductei, iar după diafragmă pînă la primul fiting o lungime de conductă dreaptă egală cu cel puţin de cinci ori diametrul conductei.

În fig. 5.101 montajul diafragmei, ventilului de reglare şi conductei de ocolire este reprezentat în forma cea mai cunoscută. Montajul indicat prezintă avantajul că ventilul de reglare poate fi schimbat fără a se întrerupe măsurarea debitului fluidului care trece prin diafragma *A/1* prin închiderea robinetelor *1* şi *2* şi deschiderea robinetului *3*. Dezavantajul constă în faptul că este necesară întreruperea fluidului în timpul schimbării diafragmei.

În fig. 5.102 sînt reprezentate alte sisteme de montaj ale ventilului de reglare şi diafragmei în conducte.

Sistemul cu trei robinete (*a*) prezintă avantajul că atît diafragma, cît şi ventilul de reglare pot fi schimbate fără întreruperea trecerii fluidului, prin închiderea robinetelor *1* şi *2* şi deschiderea robinetului *3*. Dezavantajul este că în timpul schimbării diafragmei sau ventilului de reglare nu există nici o indicaţie a valorii debitului.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemul cu patru robinete (*b*) prezintă avantajul că se poate înlocui diafragma sau ventilul de reglare sau ambele și în același timp debitul prescris poate fi stabilit manual cu robinetul *1* pe baza măsurării cu diafragma *D*, după care se deschide complet robinetul *4* și se închid complet robinetele *2* și *3*.

Dezavantajul sistemului constă în faptul că nu poate fi măsurat debitul în timpul cît se înlocuiește ventilul de reglare.

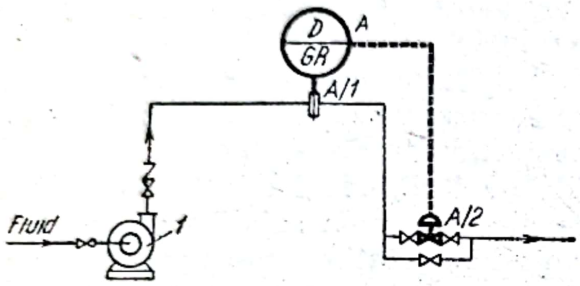


Fig. 5.103. Reglarea automată a debitului de fluid la o pompă centrifugă:

1 — pompă; *A* — regulator automat de debit; *A/1* — diafragmă; *A/2* — ventil de reglare.

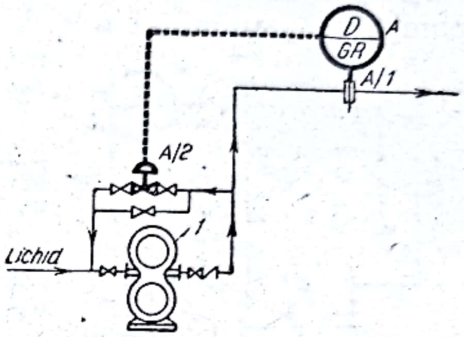


Fig. 5.104. Reglarea automată a debitului de lichid la o pompă rotativă:

1 — pompă; *A* — regulator de debit; *A/1* — diafragmă; *A/2* — ventil de reglare.

Sistemul cu cinci robinete (*c*) prezintă avantajul că în timpul schimbării ventilului de reglare poate fi măsurat debitul fluidului care trece prin robinetul *4*. Pentru aceasta se închid complet robinetele *1*, *2* și *5*, robinetul *3* fiind complet deschis. Debitul prescris al fluidului se stabilește cu robinetul *4*.

Sistemul cu șase robinete (*d*) prezintă următoarele avantaje:

— În timpul înlocuirii ventilului de reglare poate fi măsurat debitul fluidului. Pentru aceasta se închid complet robinetele *1*, *2* și *6* și se deschid complet robinetele *3* și *4*. Debitul prescris al fluidului se stabilește cu robinetul *5*.

— În timpul înlocuirii diafragmei debitul fluidului este menținut aproximativ la valoarea prescrisă. Pentru aceasta, înainte de înlocuirea diafragmei se închid complet robinetele *1*, *2* și *6* și se deschid complet robinetele *3* și *4* și se stabilește debitul prescris cu robinetul *5*, după care se închid complet robinetele *3* și *4* și se deschide complet robinetul *6*.

Sistemul cu cinci și șase robinete nu prezintă nici un dezavantaj.

5.12.8. **Reglarea automată a debitelor pompelor.** Reglarea automată a debitelor fluidelor în conductele de refulare ale pompelor este frecvent aplicată în toate procesele care necesită cantități constante de materie.

În fig. 5.103 este reprezentat modul de reglare automată a debitului la o pompă centrifugă. Diafragma și ventilul de reglare sînt montate în conducta de refulare a pompei. Variațiile de presiune ale fluidului rezultate în urma închiderii ventilului de reglare nu deranjează funcționarea

pompei centrifuge. Este cunoscut că debitul unei pompe centrifuge este invers proporţional cu presiunea de refulare a pompei.

În privinţa porţiunilor de conductă dreaptă care trebuie să existe înainte şi după diafragmă sînt valabile aceleaşi recomandări ca în cazul reglării automate a debitelor fluidelor în conducte.

În fig. 5.104 este reprezentat modul de reglare automată a debitului la o pompă rotativă.

Diafragma de măsurat *A/1* este instalată în conducta de refulare a pompei. Deoarece închiderea ventilului de reglare ar determina o mare creştere a presiunii lichidului, acesta este instalat pe o conductă de ocolire.

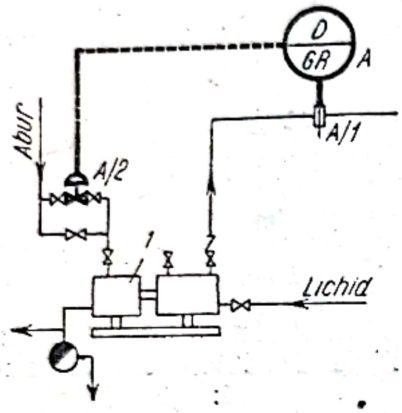


Fig. 5.105. Reglarea automată a debitului de lichid la o pompă cu piston:
1 — pompă; *A* — regulator de debit; *A/1* — diafragmă; *A/2* — ventil de reglare.

Debitul lichidului este menţinut constant prin varierea corespunzătoare a debitului recirculat prin conducta de ocolire.

Variaţiile debitului de lichid în conductele de refulare ale pompelor rotative se datoresc variaţiei vitezei de rotaţie a pompelor sau a variaţiilor de presiune în sistem după pompe.

În fig. 5.105 este reprezentat modul de reglare a debitului de lichid la o pompă cu piston.

Ca şi în cazul pompelor rotative instalarea ventilului de reglare în conducta de refulare ar provoca mari creşteri de presiune.

Diafragma *A/1* este instalată în conducta de refulare a pompei, iar ventilul de reglare în conducta de alimentare cu abur a pompei.

Menţinerea constantă a debitului de lichid în conducta de refulare a pompei este realizată prin varierea corespunzătoare a debitului de abur care alimentează pompa.

Regulatoarele automate folosite de obicei în acest caz sînt de tipul *PI*. Regulatoarele cu două sau mai multe poziţii sau de tipul *P* dau rezultate nesatisfăcătoare.

5.12.9. **Reglarea automată a parametrilor la separatoarele de gaze şi separatoarele de gaze şi apă.** Separatoarele de gaze sînt aplicate pe scară largă în procesele chimice bazate pe materii prime sau semifabricate gazoase.

Un separator de gaz are rolul de a separa faza lichidă de faza gazoasă a unui amestec gaz-lichid.

Reglarea automată a parametrilor la separatoarele de gaze constă în menţinerea constantă a presiunii în conducta de ieşire din acestea şi a nivelului de lichid separat.

În fig. 5.106 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor la un separator de gaz.

Presiunea în interiorul separatorului este menţinută cu ajutorul unui regulator de presiune *A1* al cărui ventil de reglare *A1/2* este montat în conducta de ieşire a gazului.

Scanned with OKEN Scanner

Nivelul lichidului în separator este menținut constant cu regulatorul de nivel *A2* prin varierea corespunzătoare a debitului de lichid în conducta de ieșire.

În fig. 5.107 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor la un separator de gaz și apă.

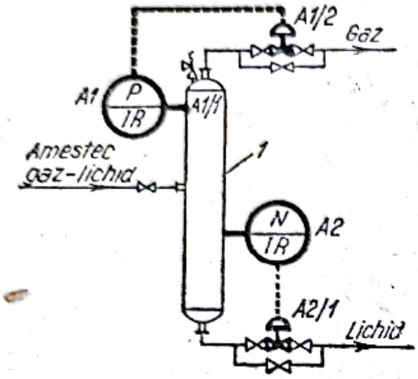


Fig. 5.106. Reglarea automată a parametrilor la un separator de gaz:

1 — separator de gaz; *A1* — regulator de presiune; *A1/1* — priză de presiune; *A2* — regulator de nivel; *A1/2*, *A2/1* — ventil de reglare.

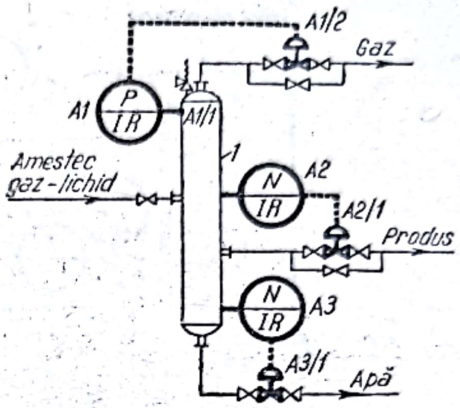


Fig. 5.107. Reglarea automată a parametrilor la un separator de gaz și apă:

1 — separator de gaz și apă; *A1* — regulator de presiune; *A1/1* — priză de presiune; *A2*, *A3* — regulator de nivel; *A1/2*, *A2/1*, *A3/1* — ventil de reglare.

Într-un asemenea separator se separă trei produse: gazul, un produs lichid și apa.

Reglarea automată a parametrilor unui separator de gaz și apă constă în menținerea constantă a presiunii în interiorul separatorului prin varierea corespunzătoare a debitului de gaz în conducta de evacuare (regulatorul de presiune *A1*), menținerea constantă a nivelului produsului lichid prin varierea corespunzătoare a debitului în conducta de ieșire (regulatorul de nivel *A2*) și menținerea constantă a nivelului apei prin varierea corespunzătoare a debitului de evacuare (regulatorul de nivel *A3*).

Regulatoarele de presiune utilizate la separatoarele de gaz și separatoarele de gaz și apă sînt de obicei de tipul autoacționate sau pneumatice cu acțiune *P* sau *PI*, iar regulatoarele de nivel autoacționate sau pneumatice cu două poziții sau cu acțiune *P*.

5.12.10. **Reglarea automată a parametrilor la cuptoare.** Cuptoarele joacă un rol important în majoritatea proceselor chimice servind în general la încălzirea și cracarea produselor.

Parametrul cel mai important care trebuie reglat este temperatura produsului la ieșirea din cuptor. Acest lucru se realizează prin varierea corespunzătoare a debitului de combustibil de alimentare. Deoarece cuptoarele reprezintă obiecte cu întîrzieri de capacitate și de transfer mari debitul combustibilului de alimentare este variat în funcție de temperatura din interiorul cuptorului.

Scanned with OKEN Scanner

Alţi parametri care condiţionează funcţionarea normală a unui cuptor sînt debitul produsului de alimentare şi presiunea combustibilului.

În fig. 5.108 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor unui cuptor cu serpentină de cracare a gazelor.

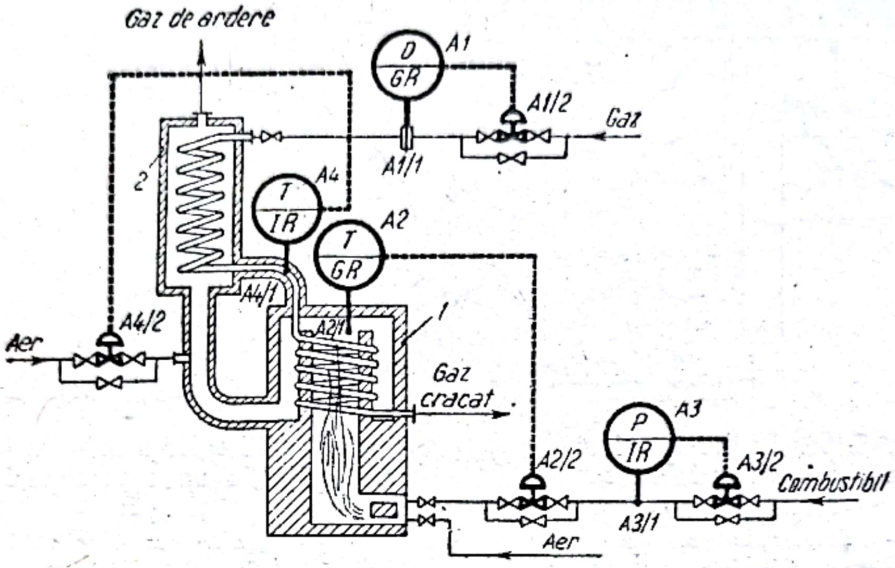


Fig. 5.108. Reglarea automată a parametrilor unui cuptor cu serpentină de cracarea gazului:

1 — cuptor; *2* — preîncălzitor; *A1* — regulator de debit; *A1/1* — diafragmă; *A2, A4* — regulator de temperatură; *A2/1, A4/1* — element primar; *A3* — regulator de presiune; *A3/1* — priză de presiune; *A1/2, A2/2, A3/2, A4/2* — ventil de reglare.

Asemenea cuptoare sînt folosite pentru cracarea hidrocarburilor gazoase.

Gazul care urmează a fi cracat circulă prin interiorul unei spirale. El este preîncălzit în preîncălzitorul *2* şi în continuare trece în soba *1* unde este cracat. Preîncălzirea gazului care urmează a fi cracat se face cu gazele de ardere care ies din cuptor.

Menţinerea constantă a debitului gazului care urmează a fi cracat este realizată cu regulatorul de debit *A1*. Fără regulatorul de debit *A1*, orice variaţii ale căderii de presiune în cuptor determină varierea corespunzătoare a debitului gazului de alimentare, ceea ce are ca rezultat şi varierea temperaturii acestuia. Căderea de presiune a gazului în cuptor este determinată de descompunerea gazului ceea ce are ca urmare varierea volumului produselor formate.

Pentru a nu se întrerupe alimentarea cuptorului cu gaz în cazul lipsei energiei de acţionare a ventilului de reglare, acesta trebuie să rămînă deschis .

Temperatura în interiorul cuptorului este menţiuntă constantă cu regulatorul de temperatură *A2*, prin varierea corespunzătoare a debitului de combustibil care alimentează arzătorul cuptorului.

Scanned with OKEN Scanner

Debitul necesar de combustibil este asigurat prin menținerea unei presiuni constante a acestuia la intrarea în arzător cu ajutorul regulatorului de presiune *A3*.

Pentru prevenirea cracării gazului în preîncălzitorul *2*, se folosește regulatorul de temperatură *A4*. Cu ajutorul acestuia, temperatura gazului la ieșirea din preîncălzitor este menținută constantă prin diluarea cu aer rece a gazelor de ardere care ies din cuptorul *1*.

Elementul primar al regulatorului care menține constantă temperatura în interiorul cuptorului (de obicei un termocuplu) nu se montează în interiorul țevii sau țevilor prin care circulă gazul. La temperaturi ridicate acesta constituie un centru pentru depozitarea cocsului ducînd la astupări.

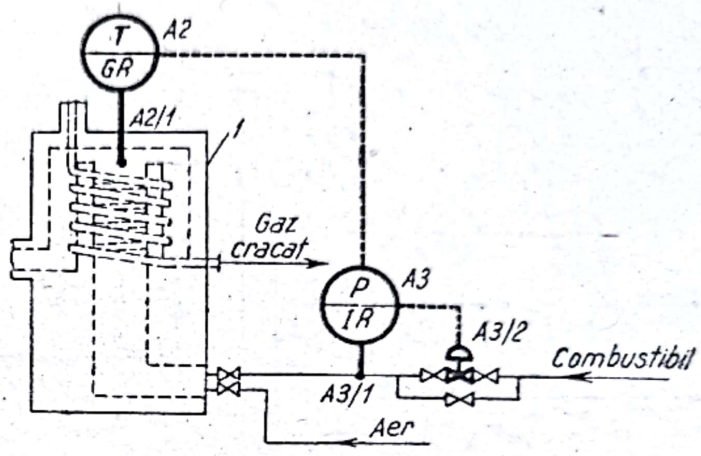


Fig. 5.109. Reglarea automată a temperaturii în interiorul unui cuptor cu serpentină de cracarea gazului:

1 — cuptor; *A2* — regulator de temperatură; *A2/1* — element primar; *A3* — regulator de presiune; *A3/1* — priză de presiune; *A3/2* — ventil de reglare.

Modul de reglare al parametrilor cuptoarelor este similar cu cel descris anterior și atunci cînd materia primă de alimentare este în fază lichidă.

Reglarea temperaturii fluidului la ieșirea din preîncălzitor nu este însă aplicată în cele mai multe cazuri. Controlul acesteia se face cu un termometru.

Reglarea temperaturii în interiorul cuptorului este realizată uneori în modul indicat în fig. 5.109.

Regulatorul de temperatură *A2* mută automat indicatorul de control al regulatorului de presiune *A3* și acesta, la rîndul său, asigură cantitatea necesară de combustibil.

Regulatorul de debit *A1* și regulatorul de presiune *A3* sînt de obicei de tipul *P* sau *PI*, iar regulatorul de temperatură *A2* de tipul *PD* sau *PID*.

5.12.11. **Reglarea automată a parametrilor în instalațiile de absorbție.** Instalațiile de absorbție sînt aplicate pe scară largă în procesele chimice la separarea amestecurilor gazoase în componenți, de exemplu, etena, etanul, propena, propanul, butenele, butanul etc. din gazele de cracare sau gazele de sondă.

Instalația de absorbție arătată în fig. 5.110 funcționează în modul următor:

Amestecul gazos (gazul bogat) este introdus pe la baza coloanei de absorbție *1* și se ridică intrînd în contact cu lichidul de absorbție (absorbantul) introdus în coloană pe la vîrf. În funcție de temperatură, presiune

și raportul dintre absorbant și gaz, absorbantul reține din gazul bogat un component sau o fracțiune de componenți oarecare, și este evacuat la baza coloanei fiind denumit absorbant bogat.

Gazul evacuat la vîrful coloanei și format din componenți nereținuți de absorbant este denumit gaz sărac.

Deoarece în urma absorbției temperatura în interiorul coloanei se ridică, o parte din absorbant este circulat cu ajutorul pompei *3* printr-un răcitor tubular *4* și introdus din nou în coloană.

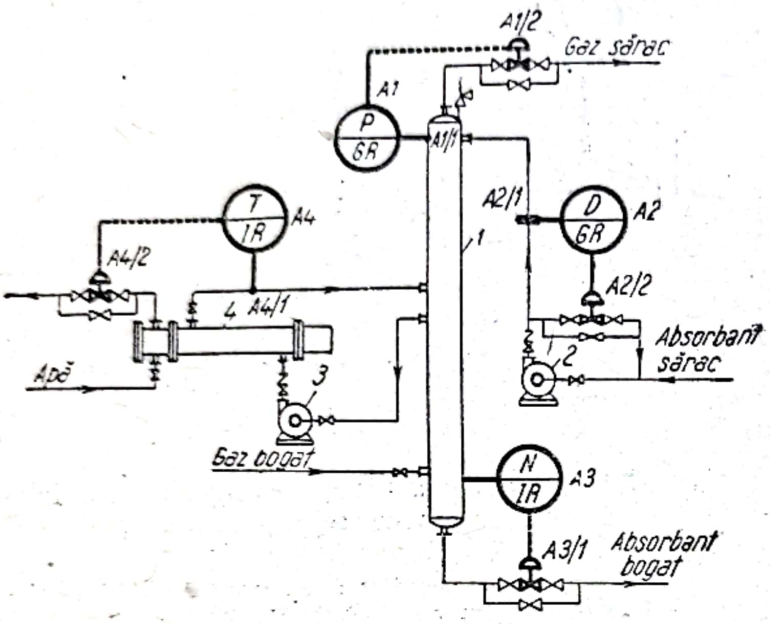


Fig. 5.110. Reglarea automată a parametrilor într-o instalație de absorbție:

1 — coloană de absorbție; *2, 3* — pompă; *4* — răcitor; *A1* — regulator de presiune; *A1/1* — priză de presiune; *A2* — regulator de debit; *A2/1* — diafragmă; *A3* — regulator de nivel; *A4* — regulator de temperatură; *A4/1* — element primar; *A1/2, A2/2, A3/1, A4/2* — ventil de reglare.

Absorbantul bogat este trimis într-o instalație de desorbție unde se separă componentul sau componenții absorbiți ,iar absorbantul (denumit absorbant sărac) este readus în coloana de absorbție.

Ca absorbant se folosesc de obicei fracțiuni de distilare ale petrolului (de exemplu motorina).

Procesul de absorbție este condiționat de următorii parametri: temperatura, presiunea și raportul dintre cantitatea de gaz și cantitatea de absorbant.

În fig. 5.110 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor într-o instalație de absorbție, la care debitul gazului bogat care alimentează coloana *1* este constant.

Deosebit de important pentru absorbție este asigurarea unei presiuni constante în coloană.

Presiunea în interiorul coloanei *1* este menținută constantă cu ajutorul regulatorului de presiune *A1* prin varierea corespunzătoare a debitului de evacuare a gazului sărac.

Debitul absorbantului sărac în conducta de refulare a pompei *2* este menținut constant cu regulatorul de debit *A2*. Modul de reglare automată a debitului de absorbant în conducta de refulare a pompei depinde de tipul acesteia și a fost descris anterior la pct. 5.12.8.

Nivelul de lichid la baza coloanei de absorbție este menținut constant cu regulatorul de nivel *A3* prin varierea debitului de absorbant bogat în conducta de evacuare. Temperatura în interiorul coloanei de absorbție este menținută constantă prin menținerea constantă a temperaturii absorbantului răcit (cu debit constant) la ieșirea din răcitorul *4*, cu regula-

torul de temperatură *A4*. Temperatura absorbantului în conducta de ieșire din răcitorul *4* este menținută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului apei de răcire.

În fig. 5.111 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor într-o instalație de absorbție la care debitul de gaz bogat de alimentare este variabil.

Schema este similară cu cea reprezentată în fig. 5.110 cu deosebirea că în locul regulatorului de debit este prevăzut un regulator de raport de debite *A2*, care menține un raport constant între debitul gazului bogat în conducta de alimentare a coloanei *1* (măsurat cu diafragma de măsurat *A2/1*) și debitul de absorbant sărac în conducta de refulare a pompei *2* (măsurat cu difragma *A2/2*) prin varierea corespunzătoare a debitului de absorbant sărac (ventilul de reglare *A2/3*).

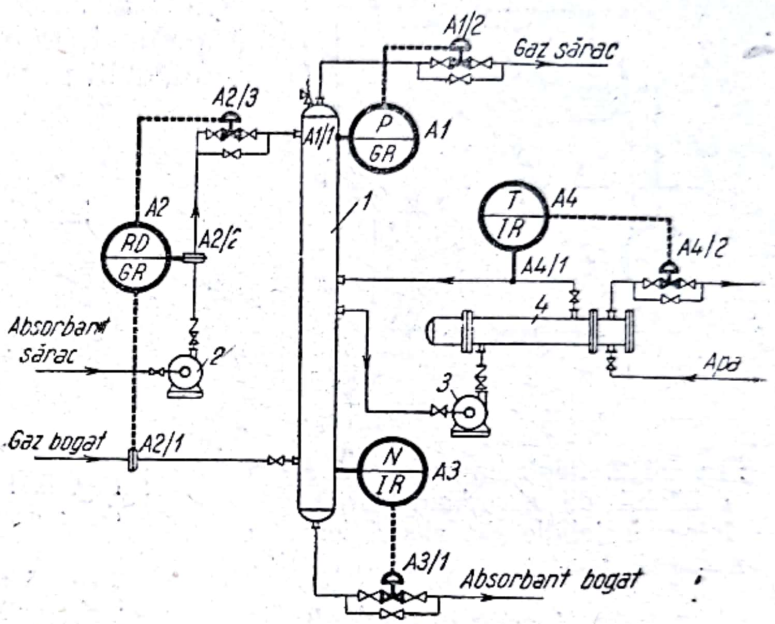


Fig. 5.111. Reglarea automată a parametrilor într-o instalație de absorbție la care debitul de gaz bogat de alimentare este variabil:

1 — coloană de absorbție; *2*, *3* — pompă; *4* — răcitor; *A1* — regulator de presiune; *A1/1* — priză de presiune; *A2* — regulator de raport; *A2/1*, *A2/2* — diafragmă; *A3* — regulator de nivel; *A4* — regulator de temperatură; *A4/1* — element primar; *A1/2*, *A2/3*, *A3/1*, *A4/2* — ventil de reglare.

În fig. 5.111 s-a reprezentat montajul ventilului de reglare *A2/3* ca pentru o pompă centrifugă. În cazul folosirii unui alt tip de pompă (rotativă sau cu abur) montajul ventilului de reglare se face în modul descris anterior.

Regulatorul de raport *A2* din fig. 5.111 este înlocuit la unele instalații prin două regulatoare de debit *A5* și *A6* montate în cascadă după cum se poate vedea din fig. 5.112.

Regulatorul de debit primar *A5* a cărei diafragmă *A5/1* este montată în conducta de alimentare a coloanei de absorbție *1* cu gaz bogat determină deplasarea automată a indicatorului de control al regulatorului secundar de debit *A6* a cărei diafragmă *A6/1* și ventil de reglare *A6/2* sînt montate în conducta de refulare a pompei *2*. La rîndul său, regulatorul de debit *A6* determină variațiile debitului de absorbant sărac corespunzător variațiilor debitului de gaz bogat.

În multe cazuri, regulatorul de nivel de la fundul coloanei este montat în cascadă cu un regulator de debit, în vederea asigurării unei alimentări uniforme cu ulei bogat a instalației de absorbție.

În fig. 5.113 este reprezentată schema reglării automate a debitului de absorbant bogat în conducta de ieşire din coloana de absorbţie.

De asemenea, în unele instalaţii de absorbţie se reglează automat debitul absorbantului circulat pentru răcire în conducta de refulare a pompei 3 (fig. 5.110 şi 5.111), în modul descris anterior la pct. 5.12.8 (reglarea automată a debitului pompelor). În mod frecvent însă, acest debit nu este reglat automat la o funcţionare normală a pompei, ci numai măsurat cu ajutorul unui debitmetru.

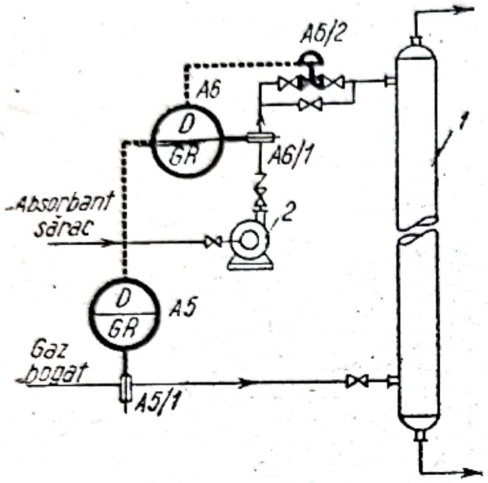


Fig. 5.112. Reglarea automată a debitului de absorbant sărac într-o instalaţie de absorbţie:
1 — coloană de absorbţie; *2* — pompă; *A5* — regulator primar de debit; *A6* — regulator secundar de debit; *A5/1*, *A6/1* — diafragmă; *A6/2* — ventil de reglare.

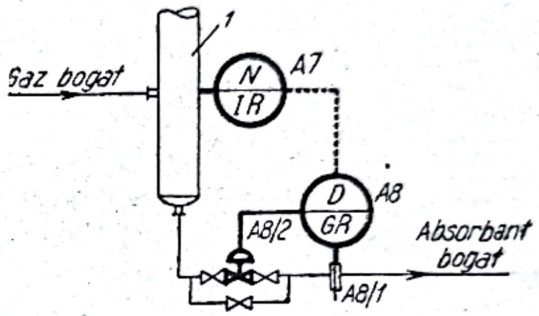


Fig. 5.113. Reglarea automată a debitului de absorbant bogat într-o instalaţie de absorbţie:
1 — coloană de absorbţie; *A7* — regulator primar de nivel; *A8* — regulator secundar de debit; *A8/1* — diafragmă; *A8/2* — ventil de reglare.

5.12.12. **Reglarea automată a parametrilor în instalaţiile de distilare continuă.** Instalaţiile de distilare continuă au un rol deosebit de important în procesele chimice, servind la separarea amestecurilor omogene de componenţi. Datorită faptului că în procesele industriale cea mai mare parte din materiile prime şi semifabricate sînt amestecuri mai mult sau mai puţin complexe care trebuie separate, instalaţiile de distilare au căpătat o largă răspîndire. Separarea gazelor de cracare din rafinării, a gazelor rezultate prin cracarea metanului, etanului, propanului şi butanului, a produselor de clorurare a benzenului, a amestecurilor de acizi graşi sintetici etc., sînt numai cîteva din numeroasele exemple ale distilării. În cazul general, la o instalaţie de distilare continuă reglarea automată a parametrilor se execută schematic ca în fig. 5.114.

Amestecul omogen de componenţi care urmează a fi distilat (amestec de alimentare) este preîncălzit în preîncălzitorul *2* şi introdus în coloana de distilare *1*. Prin distilare, la vîrful coloanei se obţin vaporii produsului uşor volatil, iar la fundul coloanei un lichid format din produsul greu volatil. Vaporii evacuaţi pe la vîrful coloanei de distilare sînt condensaţi în condensatorul-răcitor *4*. Condensatul este evacuat în vasul *5*. Vaporii şi gazele necondensate sînt evacuate în atmosferă sau la o instalaţie de prelucrare a lor, iar produsul lichid este evacuat cu ajutorul pompei *6*.

O parte din acesta, care poartă denumirea de reflux, este readus la vîrful coloanei de distilare *1*, iar cealaltă parte, denumită distilat, este trimisă la depozit sau la o prelucrare ulterioară. Refluxul care este foarte bogat în produs ușor volatil are rolul ridicării conținutului de produs ușor volatil în vaporii care se ridică în coloană.

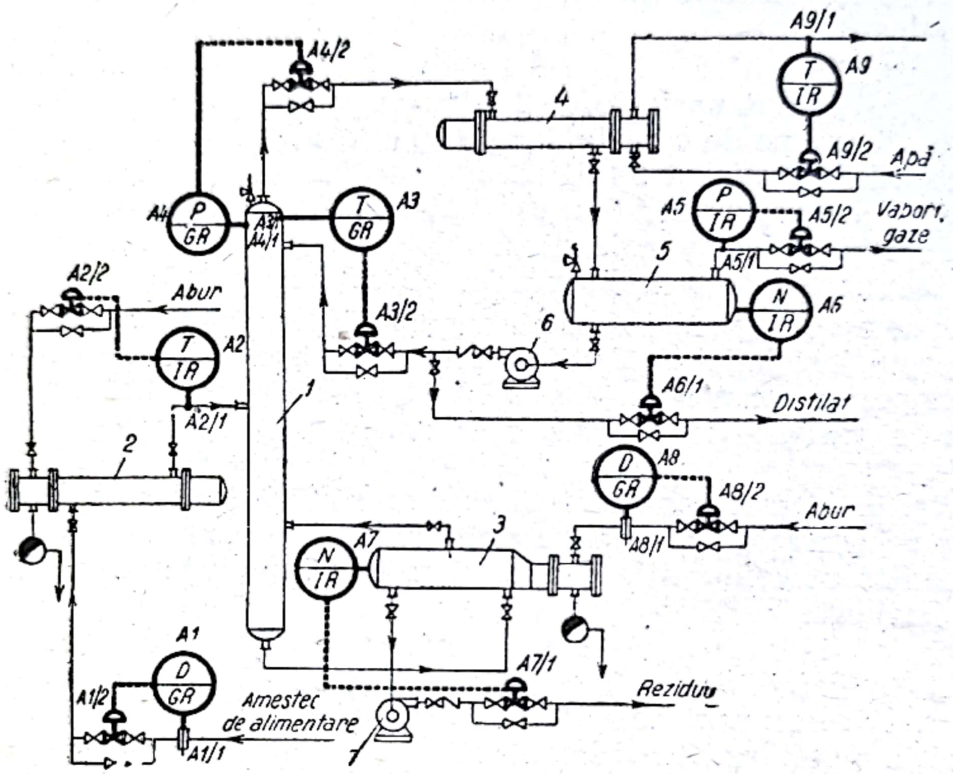


Fig. 5.114. Reglarea automată a parametrilor la o instalație de distilare continuă (varianta I *a*):

1 — coloană de distilare; *2* — preîncălzitor; *3* — fierbător; *4* — condensator-răcitor; *5* — vas de reflux; *6, 7* — pompă; *A1* — regulator de debit; *A2, A3, A9* — regulator de temperatură; *A4, A5* — regulator de presiune; *A6, A7* — regulator de nivel; *A8* — regulator de debit; *A1/1, A8/1* — diafragmă; *A2/1, A3/1, A9/1* — element primar; *A4/1, A5/1* — priză de presiune; *A1/2, A2/2, A3/2, A4/2, A5/2, A6/1, A7/1, A8/2* — ventil de reglare.

Lichidul de la fundul coloanei este evacuat în fierbătorul *3*. Vaporii formați sînt introduși în coloană, iar lichidul rămas, denumit reziduu, este evacuat din fierbător cu pompa *7* și trimis la depozit sau la o prelucrare ulterioară.

Procesul de distilare se poate desfășura la presiunea atmosferică, la presiuni ridicate și la presiuni scăzute. Distilarea la presiunea atmosferică se utilizează cînd amestecul de alimentare este în fază lichidă la presiunea atmosferică. Distilarea la presiuni ridicate se aplică amestecurilor omogene care la presiunea atmosferică se află în fază gazoasă. Distilarea la presiuni scăzute (distilare sub vid) se utilizează pentru separarea amestecurilor cu punct de fierbere ridicat.

Scanned with OKEN Scanner

Reglarea automată a parametrilor unei instalaţii de distilare continuă are ca scop menţinerea unei compoziţii constante a distilatului sau reziduului între anumite limite stabilite pe baza necesităţilor procesului tehnologic. Menţinerea constantă a compoziţiei distilatului sau a reziduului se poate face fie direct prin analiza automată a acestora, fie indirect prin menţinerea constantă a temperaturii într-unul sau mai multe puncte corespunzătoare.

Datorită faptului că o instalaţie de distilare continuă trebuie să se găsească în condiţii normale de funcţionare într-o stare de echilibru dinamic continuu, pe de o parte, iar pe de altă parte, datorită faptului că la acest echilibru participă mulţi parametri (debitul de alimentare, debitul de distilat, debitul de reziduu, cantităţile de energie termică la fierbător şi condensator şi compoziţia distilatului şi a reziduului), reglarea automată a acestora este o problemă deosebit de complexă.

Schemele de reglare automată a parametrilor sînt diferite în general după scopul instalaţiei de distilare şi anume dacă se urmăreşte obţinerea unei compoziţii constante a distilatului sau a reziduului. De remarcat că în ambele variante instalaţiile de distilare fără reglare automată sînt identice.

În fig. 5.114 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor într-o instalaţie de distilare continuă la care se urmăreşte obţinerea unui distilat cu compoziţie constantă şi care funcţionează la presiuni ridicate (varianta I *a*).

În instalaţia reprezentată se urmăreşte menţinerea unei compoziţii constante a vaporilor care ies la vîrful coloanei, prin menţinerea unei temperaturi corespunzătoare. Compoziţia reziduului variază în funcţie de compoziţia amestecului de alimentare.

Reglarea automată a unei astfel de instalaţii constă în următoarele:

1. Debitul amestecului de alimentare al coloanei *1* este menţinut constant cu regulatorul de debit *A1*. Cînd amestecul de alimentare este pompat, debitul este reglat automat în modul descris anterior la pct. 5.12.8. În cazul cînd alimentarea coloanei se face dintr-un vas tampon, debitul este reglat în mod indirect prin reglarea automată a nivelului în vas.

2. Temperatura amestecului de alimentare la ieşirea din preîncălzitorul *2* este menţinută constantă, prin varierea corespunzătoare a debitului de abur sau a altui mediu de încălzire, cu regulatorul de temperatruă *A2*.

3. Temperatura la vîrful coloanei de distilare este menţinută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului de reflux rece în conducta de refulare a pompei *6* cu regulatorul de temperatură *A3*.

Elementul primar al regulatorului este necesar a fi instalat pe unul din talerele coloanei caracterizat prin cel mai brusc gradient de temperatură în funcţie de variaţia compoziţiei.

Dezavantajul acestei metode constă în varierea debitului de reflux, care atunci cînd este excesivă, determină variaţii ale cantităţii de căldură necesară în fierbătorul coloanei.

Cu toate acestea, metoda este larg răspîndită.

Scanned with OKEN Scanner

4. Presiunea în coloana de distilare este menținută constantă cu regulatorul de presiune *A4* fie în modul reprezentat în fig. 5.114, prin varierea corespunzătoare a debitului de vapori și gaze în conducta de evacuare de la vîrful coloanei, fie prin varierea debitului apei de răcire care alimentează condensatorul răcitor *4* arătat schematic în fig. 5.115.

Alegerea unuia dintre cele două moduri este determinată de raportul dintre cantitatea de distilat și cantitatea de reflux.

S-a constatat din experiență că modul de reglare a presiunii reprezentat în fig. 5.114 este eficace atunci cînd cantitatea de distilat evacuată din vasul de reflux 5 reprezintă mai puțin de 15% din cantitatea de reflux. Cînd cantitatea de distilat reprezintă mai mult de 15% din cantitatea de reflux, se utilizează modul de reglare al presiunii reprezentat în fig. 5.115.

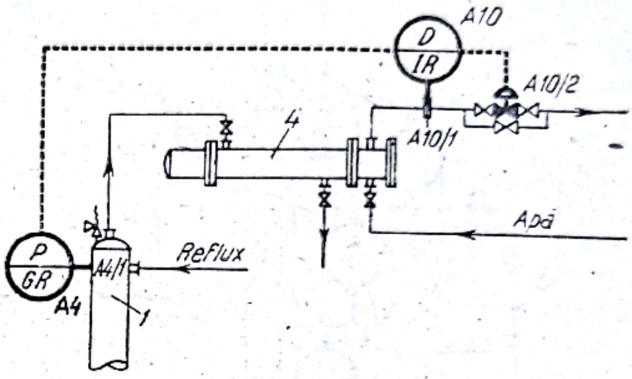


Fig. 5.115. Reglarea automată a presiunii într-o coloană de distilare:

1 — coloană de distilare; *4* — condensator-răcitor; *A4* — regulator de presiune; *A4/1* — priză de presiune; *A10* — regulator de debit; *A10/1* — diafragmă; *A10/2* — ventil de reglare.

Acesta constă din montajul în cascadă al regulatorului de presiune *A4* cu regulatorul de debit *A10*. Variațiile de presiune în coloana de distilare sînt recepționate de regulatorul de presiune *A4* și acesta determină modificarea corespunzătoare a indicatorului de control al regulatorului de debit *A10*. Acest din urmă regulator determină varierea corespunzătoare a apei de răcire care circulă prin condensatorul răcitor *4*. Varierea debitului acesteia determină varierea corespunzătoare a cantității de vapori care se condensează și în consecință varierea presiunii în coloana de distilare.

5. Presiunea în vasul de reflux *5* este menținută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului vaporilor și gazelor necondensate în conducta de evacuare cu regulatorul de presiune *A5*.

Cînd are loc o condensare totală a vaporilor care ies pe la vîrful coloanei nu se mai utilizează un asemenea regulator.

6. Nivelul de lichid în vasul de reflux *5* este menținut constant prin varierea debitului de distilat în conducta de refulare a pompei *6*, cu regulatorul de nivel *A6*.

7. Nivelul lichidului în fierbătorul *3* este menținut constant prin varierea corespunzătoare a debitului de reziduu în conducta de refulare a pompei *7*, cu regulatorul de nivel *A7*.

8. Debitul de abur de încălzire a fierbătorului *3* este menținut constant cu regulatorul de debit *A8* în vederea asigurării unei cantități constante de căldură.

Scanned with OKEN Scanner

9. Temperatura apei de răcire la ieşirea din condensatorul răcitor *4* este menţinută constantă prin varierea debitului acesteia cu regulatorul de temperatură *A9*. Cînd presiunea apei de răcire nu prezintă variaţii, regulatorul *A9* nu este necesar. Cantitatea de apă de răcire se stabileşte iniţial pe baza bilanţului termic al condensatorului-răcitor.

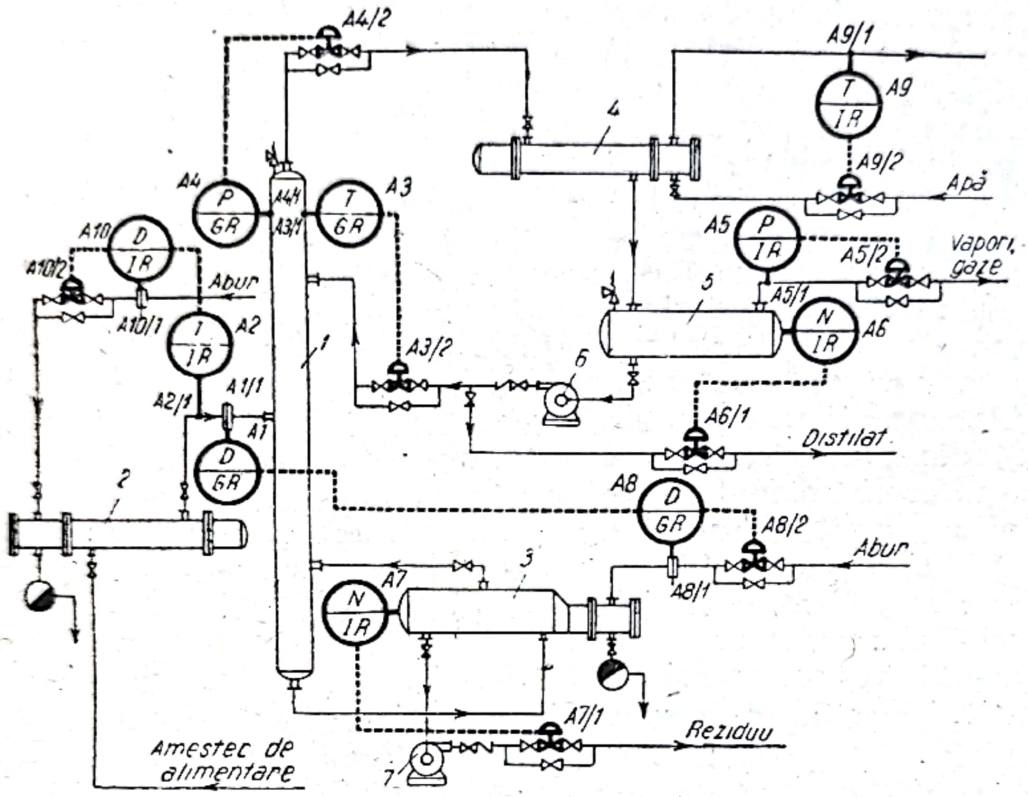


Fig. 5.116. Reglarea automată a parametrilor la o instalaţie de distilare continuă (varianta II *a*):

1 — coloană de distilare; *2* — preîncălzitor; *3* — fierbător; *4* — condensator-răcitor; *5* — vas de reflux; *6, 7* — pompă; *A1, A8, A10* — regulator de debit; *A2, A3, A9* — regulator de temperatură; *A4, A5* — regulator de presiune; *A6, A7* — regulator de nivel; *A1/1, A8/1, A10/1* — diafragmă; *A2/1, A3/1, A9/1* — element primar; *A4/1, A5/1* — priză de presiune; *A3/2, A4/2, A5/2, A6/1, A7/1, A8/2, A9/2, A10/2* — ventil de reglare.

În fig. 5.116 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor unei instalaţii de distilare continuă la care se urmăreşte de asemenea obţinerea unui distilat cu compoziţie constantă, dar la care debitul de alimentare al coloanei este variabil (varianta I *a*).

Schema din fig. 5.116 este similară celei din fig. 5.114 cu următoarele modificări:

1. Temperatura amestecului de alimentare este menţinută constantă prin varierea automată a debitului de abur de încălzire care alimentează preîncălzitorul *2*. Regulatorul de temperatură *A2* este montat în cascadă cu un regulator de debit pentru abur *A10*.

2. Variaţia debitului amestecului de alimentare al coloanei determină variaţiile corespunzătoare ale debitului de abur care alimentează fierbă-

torul 3 prin montarea în cascadă a regulatorului de debit *A1* cu regulatorul de debit *A8*.

În fig. 5.117 este reprezentată schema reglării automate a parametrilor unei instalații de distilare continuă la care se urmărește obținerea unui reziduu cu compoziție constantă, ca de exemplu la stabilizarea gazo-

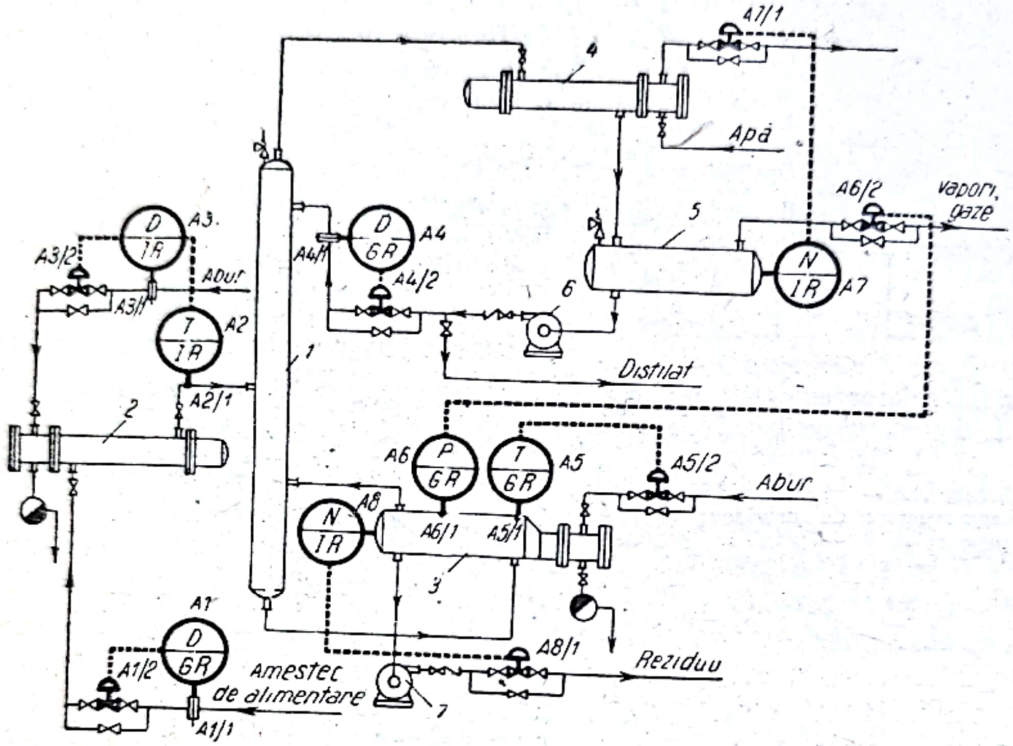


Fig. 5.117. Reglarea automată a parametrilor la o instalație de distilare continuă (varianta I *b*):

1 — coloană de distilare; *2* — preîncălzitor; *3* — fierbător; *4* — condensator-răcitor; *5* — vas de reflux; *6*, *7* — pompă; *A1*, *A3*, *A4* — regulator de debit; *A2*, *A5* — regulator de temperatură; *A6* — regulator de presiune; *A7*, *A8* — regulator de nivel; *A1/1*, *A3/1*, *A4/1* — diafragmă; *A2/1*, *A5/1* — element primar; *A6/1* — priză de presiune; *A1/2*, *A3/2*, *A4/2*, *A5/2*, *A6/2*, *A7/1*, *A8/1* — ventil de reglare.

linei la înaltă presiune, la separarea propanului sau butanului din gazele de cracare etc.

În instalația reprezentată în fig. 5.117 se urmărește menținerea unei compoziții constante a reziduului prin menținerea unei temperaturi constante corespunzătoare în fierbătorul 3 al coloanei de distilare. Compoziția distilatului variază în funcție de compoziția amestecului de alimentare.

Reglarea automată a parametrilor instalației constă în următoarele:

1. Debitul amestecului de alimentare al coloanei este menținut constant cu regulatorul de debit *A1*.

2. Temperatura amestecului de alimentare este menținută constantă prin varierea corespunzatoare a debitului de abur care alimentează preîncălzitorul 2. Se utilizează un regulator de temperatură *A2* montat în cascadă ca un regulator de debit pentru abur *A3*.

3. Debitul de reflux rece este menţinut constant în conducta de refulare a pompei *6*, cu regulatorul de debit *A4*.

4. Temperatura vaporilor în fierbătorul *3* este menţinută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului de abur care alimentează fierbătorul, cu regulatorul de temperatură *A5*.

Cînd presiunea aburului de încălzire este variabilă în limite largi se utilizează un regulator de temperatură cu compensator de presiune ca în fig. 5.118. Acest regulator funcţionează şi ca regulator de presiune al aburului.

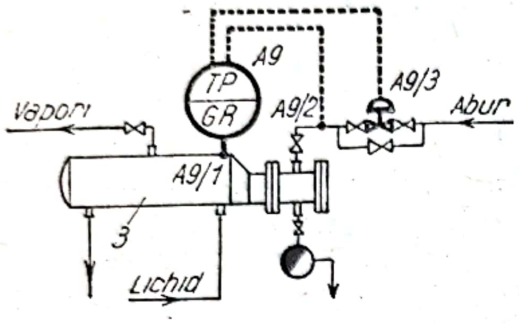


Fig. 5.118. Reglarea automată a temperaturii în fierbătorul coloanei de distilare:

3 — fierbător; A9 — regulator de temperatură cu compensator de presiune; *A9/1* — element primar; A9/2 — priză de presiune; A9/3 — ventil de reglare.

5. Presiunea în fierbătorul *3* este menţinută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului de gaze şi vapori în conducta de ieşire din vasul de reflux *5* cu regulatorul de presiune *A6*.

Sistemul este aplicat în cazul unei condensări parţiale a produsului de vîrf al coloanei. Cînd are loc o condensare totală, ventilul de reglare va fi instalat pe conducta de ieşire a vaporilor şi gazelor din coloana *1*.

6. Nivelul condensatului în vasul de reflux *5* este menţinut constant prin variaţia corespunzătoare a debitului apei de răcire care alimentează condensatorul-răcitor *4*. Variaţia debitului apei de răcire determină variaţia cantităţii de vapori care se condensează şi prin urmare a nivelului condensatului în vasul de reflux *5*.

Destul de frecvente sînt cazurile cînd ventilul de reglare al regulatorului de nivel *A7* este instalat pe conducta de refulare a distilatului ca în fig. 5.114.

7. Nivelul de lichid în fierbătorul *3* este menţinut constant prin variaţia corespunzătoare a debitului de evacuare a reziduului în conducta de refulare a pompei *7*.

Analizînd schemele de reglare automată a parametrilor reprezentate în fig. 5.114 şi 5.117, care reprezintă cele două variante principale privind scopul instalaţiilor, se constată două deosebiri primordiale şi anume:

1. În instalaţiile în care se urmăreşte obţinerea unui distilat cu compoziţie constantă (fig. 5.114, 5.115 şi 5.116) se reglează automat temperatura la vîrful coloanei prin varierea corespunzătoare a debitului de reflux rece şi se asigură o cantitate constantă de energie termică la fierbătorul coloanei prin menţinerea unui debit constant de abur de încălzire.

2. În instalaţiile în care se urmăreşte obţinerea unui reziduu cu compoziţie constantă (fig. 5.117 şi 5.118) se menţine constant debitul de reflux rece care alimentează coloana şi se reglează automat cantitatea de energie termică la fierbătorul coloanei prin varierea debitului de abur de încălzire.

Scanned with OKEN Scanner

Schemele de reglare automată reprezentate în fig. 5.114—5.118 sînt valabile pentru procesele de distilare sub presiune.

Reglarea automată a parametrilor în instalațiile de distilare atmosferică se face în aceleași moduri ca cele descrise anterior cu excepția reglării automate a presiunii.

În cazul proceselor de distilare la presiune atmosferică la care se urmărește o puritate avansată a distilatului sau reziduului, menținerea constantă a presiunii se face cu un regulator de presiune al cărui ventil de reglare este montat în conducta de aerisire a vasului de reflux, iar priza de presiune poate fi pe vasul de reflux sau în conducta de aerisire înainte de ventilul de reglare. Un asemenea regulator de presiune s-a constatat că menține în mod practic aceeași presiune în vasul de reflux ca și în coloana de distilare indiferent de sarcina acesteia.

La procesele de distilare la presiune atmosferică, la care se urmărește o puritate avansată a distilatului sau reziduului, s-a constatat că un asemenea mod de reglare a presiunii nu este corespunzător. Variațiile presiunii atmosferice influențează apreciabil compoziția distilatului sau reziduului chiar dacă temperatura în coloană este menținută constantă. În aceste cazuri reglarea automată a presiunii se face în modul indicat în fig. 5.115. Presiunea în interiorul coloanei de distilare este menținută la o valoare egală cu cea mai mare presiune barometrică din zona respectivă pentru a fi posibilă evacuarea vaporilor și gazelor necondensate din vasul de reflux.

Schemele de reglare automată a parametrilor în instalațiile de distilare continuă sub vid sînt asemănătoare cu schemele descrise anterior pentru instalațiile sub presiune cu excepția reglării automate a presiunii.

Cînd sursa de vid este constituită de o pompă, menținerea constantă a vidului în instalație se face prin reglarea automată a vidului în vasul de reflux. Se utilizează un regulator de presiune a cărei priză de presiune se află în partea superioară a vasului de reflux, iar ventilul de reglare este montat pe o conductă deschisă în atmosferă. Funcționarea sistemului este similară cu a celui reprezentat în fig. 5.95.

În modul cel mai obișnuit însă în instalațiile de distilare se utilizează ca sursă de vid ejectorul cu abur.

În fig. 5.119 este reprezentată schema reglării automate a presiunii la o instalație de distilare sub vid, la care sursa de vid este un ejector cu abur. Vidul în coloana de distilare se menține constant cu regulatorul de presiune *A1* (construit pentru presiune absolută). Priza de presiune a acestuia este pe vasul de reflux 5, iar ventilul de reglare este montat pe o conductă deschisă în atmosferă.

Funcționarea sistemului este identică cu a celui reprezentat în fig. 5.96.

Nu se recomandă montajul ventilului de reglare *A1/2* în conducta de aspirație a ejectorului, deoarece căderea de presiune creată reduce apreciabil capacitatea ejectorului.

Scanned with OKEN Scanner

În schemele de reglare automată a parametrilor în instalaţiile de distilare continuă descrise anterior, menţinerea constantă a compoziţiei distilatului sau reziduului este realizată indirect prin menţinerea constantă a temperaturii la vîrful coloanei sau în fierbătorul acesteia.

Metoda prezintă o serie de deficienţe ca urmare a faptului că nu ţine seama de acumulările de impurităţi gazoase, lichide sau solide (otrăvire cu catalizator) din alte instalaţii şi de variaţiile concentraţiei amestecului de alimentare.

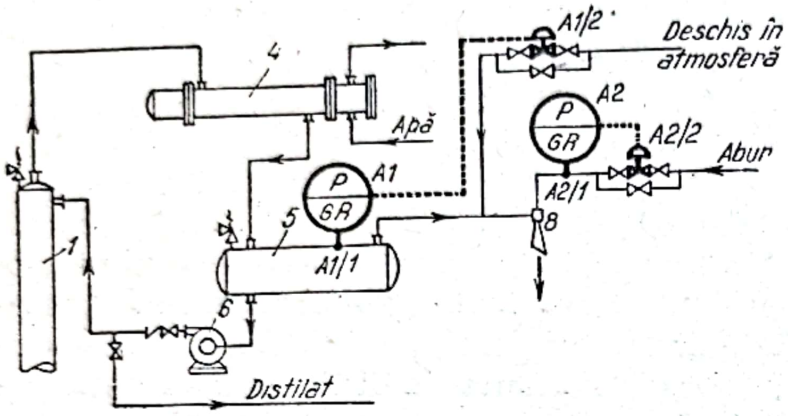


Fig. 5.119. Reglarea automată a presiunii la o instalaţie de distilare sub vid:

1 — coloană de distilare; *4* — condensator-răcitor; *5* — vas de reflux; *6* — pompă; *8* — ejector cu abur; *A1*, *A2* — regulator de presiune; *A1/1*, *A2/1* — priză de presiune; *A1/2*, *A2/2* — ventil de reglare.

Regulatoarele automate de concentraţie bazate pe radiaţiile infraroşii rezolvă neajunsurile regulatoarelor de temperatură.

Analiza în infraroşu este posibilă pentru fluide anorganice şi organice, cu excepţia gazelor mono- şi biatomice simetrice.

Spectrele de absorbţie în infraroşu ale fluidelor sînt diferite, după greutatea atomică, tipul legăturii chimice şi configuraţia geometrică a moleculelor. Cînd radiaţiile infraroşii trec printr-un amestec de fluide, ele sînt absorbite în lungimile de undă caracteristice componenţilor în proporţie cu concentraţia lor. Regulatorul de concentraţie este un analizor automat continuu cu radiaţii infraroşii, care comandă deplasarea indicatorului de control al unui regulator de debit montat în cascadă cu acesta. La rîndul său regulatorul de debit asigură valoarea corespunzătoare a debitului de reflux rece, respectiv a aburului de alimentare al fierbătorului colonial.

Luarea probelor pentru analiză se face pe un taler de la vîrf sau pe un taler intermediar. Luarea probelor simultane de pe un taler de la vîrf şi de pe un taler de la fundul coloanei nu a dat rezultate satisfăcătoare.

Se urmăreşte realizarea în viitor a unor regulatoare automate ale căror dispozitive de comandă să recepţioneze valori atît de la aparatele de măsurat ale temperaturii, debitului, presiunii sau nivelului, cît şi de la cele analitice.

5.12.13. **Reglarea automată a parametrilor în instalaţiile de distilare discontinuă.** Instalaţiile de distilare discontinuă sînt aplicate în procesele chimice în special în instalaţiile pilot şi semiindustriale, unde cantităţile de amestecuri care urmează a fi distilate sînt mici şi fac neeconomice instalaţiile cu funcţionare continuă.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul general, o instalație de distilare discontinuă funcționează în modul arătat în fig. 5.120.

Amestecul primar care urmează a fi distilat este introdus periodic în fierbătorul *2*. Vaporii care se formează prin fierbere sînt introduși la baza coloanei de distilare *1*. Prin distilare, la fel ca în cazul distilării continue, la vîrful coloanei se obțin vapori ai produsului ușor volatil, iar la fundul coloanei un lichid format din produsul greu volatil. Vaporii evacuați pe la vîrful coloanei de distilare sînt condensați în condensatorul-răcitor *3*. O parte din condensat este readus în coloana de distilare și poartă denumirea de reflux, iar cealaltă parte, denumită distilat, este evacuată în vasul de recepție *4*. În cazurile cînd se urmărește obținerea mai multor fracțiuni de distilat, instalația este prevăzută cu mai multe vase de recepție. Lichidul de la fundul coloanei este evacuat în fierbătorul *2*. Lichidul rămas în fierbător după terminarea distilării, denumit reziduu, este evacuat în vasul de recepție *5*.

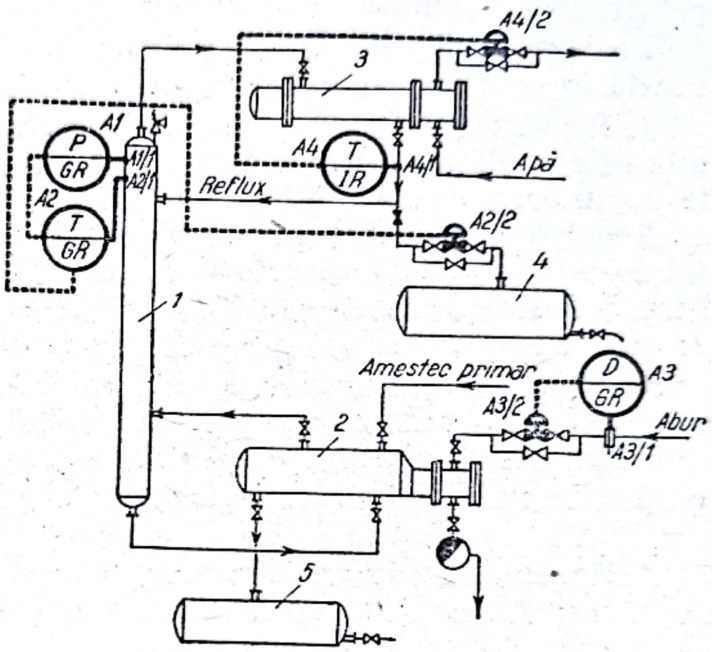


Fig. 5.120. Reglarea automată a parametrilor la o instalație de distilare discontinuă:

1 — coloană de distilare; *2* — fierbător; *3* — condensator-răcitor; *4* — vas de recepție pentru distilat; *5* — vas de recepție pentru reziduu; *A1* — regulator de presiune; *A1/1* — priză de presiune; *A2*, *A4* — regulator de temperatură; *A2/1*, *A4/1* — element primar; *A3* — regulator de debit; *A3/1* — diafragmă; *A2/2*, *A3/2*, *A4/2* — ventil de reglare.

Distilarea se efectuează pînă la obținerea unui distilat sau a unui reziduu cu compoziția prescrisă. După aceasta se oprește încălzirea fierbătorului, se evacuează reziduul și în fierbător se introduce o nouă cantitate de amestec primar care se distilă în același mod.

Reglarea automată a parametrilor unei instalații de distilare discontinuă se bazează pe caracteristicile acesteia și anume:

1. Instalația de distilare este alimentată discontinuu prin introducerea periodică a unei cantități de amestec primar în fierbătorul coloanei.
2. Compoziția lichidului în fierbător variază continuu în timp.
3. Compoziția vaporilor evacuați pe la vîrful coloanei este constantă.
4. Gradienții de temperatură și compoziție variază continuu pe înălțimea coloanei de distilare.
5. Debitul de reflux variază continuu în sensul creșterii de la o valoare minimă la începutul distilării la o valoare maximă denumită reflux total la sfîrșitul operației.

Distilarea discontinuă este similară cu o distilare continuă la care compoziţia amestecului de alimentare este variabilă.

În instalaţia reprezentată în fig. 5.120 se urmăreşte menţinerea unei compoziţii constante a vaporilor la vîrful coloanei prin variaţia corespunzătoare a debitului de reflux. Controlul compoziţiei vaporilor se face direct (cu un analizor automat) sau în modul cel mai frecvent indirect, prin controlul temperaturii într-un punct corespunzător.

Reglarea automată a parametrilor instalaţiei de distilare discontinuă constă în următoarele:

1. Regulatorul de presiune *A1* şi regulatorul de temperatură *A2* montate în cascadă au rolul de a menţine presiunea şi temperatura constante la vîrful coloanei de distilare.

Regulatorul de temperatură *A2* menţine temperatura constantă la vîrful coloanei de distilare prin varierea corespunzătoare a debitului de reflux. Ventilul de reglare *A2/2* al regulatorului este montat în conducta de alimentare cu distilat a vasului de recepţie *4*.

Regulatorul de presiune *A1* are rolul de a compensa influenţa variaţiilor de presiune asupra temperaturii la vîrful coloanei, prin mutarea automată a indicatorului de control al regulatorului de temperatură *A2*.

Regulatorul de temperatură utilizat se recomandă să fie de tipul *PD* sau *PID*.

2. Regulatorul de debit pentru abur *A3* are rolul de a menţine constantă cantitatea de energie termică la fierbătorul coloanei prin menţinerea unui debit constant de abur.

3. Regulatorul de temperatură *A4* menţine constantă temperatura condensatului în conducta de ieşire din condensatorul-răcitor *3* prin varierea corespunzătoare a debitului apei de răcire. Regulatorul de temperatură *A4* are rolul de a asigura o temperatură constantă a refluxului şi de a preveni o condensare necorespunzătoare a vaporilor evacuaţi pe la vîrful coloanei.

5.12.14. **Reglarea automată a parametrilor în instalaţiile de distilare extractivă.** Distilarea extractivă este o metodă modernă de distilare care a căpătat recent o largă răspîndire în procesele chimice.

Instalaţiile de distilare extractivă sînt utilizate în special pentru separarea amestecurilor formate din componenţi ale căror puncte de fierbere sînt foarte apropiate şi nu pot fi separaţi prin metodele obişnuite de distilare.

Distilarea extractivă se bazează pe adăugarea la amestecul care urmează a fi distilat, a unui nou component (denumit solvent de separare sau solvent selectiv) care măreşte raportul volatilităţii componenţilor greu de separat.

În fig. 5.121 este reprezentată schema unei instalaţii de distilare extractivă.

Amestecul de alimentare format, de exemplu din doi componenţi *A* şi *B* (*A* fiind componentul care interesează) în fază de vapori sau gaz,

Scanned with OKEN Scanner

este introdus în coloana de distilare *1*. La partea superioară a coloanei se introduce solventul selectiv sărac în faza lichidă. Componentul *A* este absorbit, iar componentul *B* rămîne neabsorbit și este evacuat pe la partea superioară a coloanei de distilare. Solventul bogat (solventul sărac

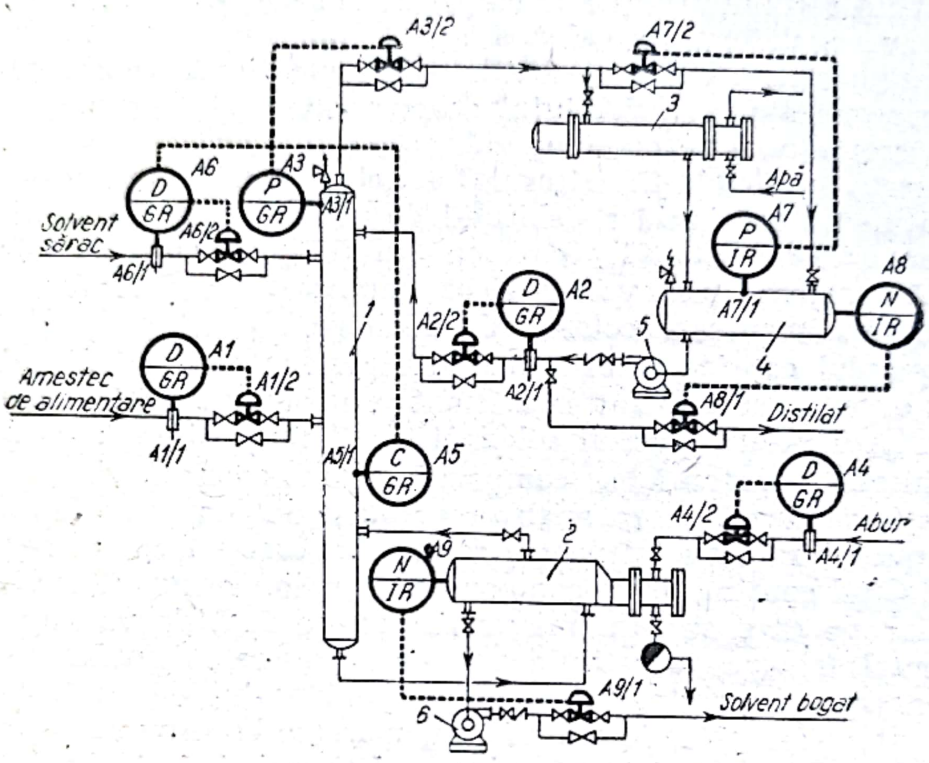


Fig. 5.121. Reglarea automată a parametrilor la o instalație de distilare extractivă:

1 — coloană de distilare; *2* — fierbător; *3* — condensator-răcitor; *4* — vas de reflux; *5, 6* — pompă; *A1, A2, A4, A6* — regulator de debit; *A3, A7* — regulator de presiune; *A5* — regulator de concentrație; *A5/1* — element primar; *A8, A9* — regulator de nivel; *A1/1, A2/1, A4/1, A6/1* — diafragmă; *A3/1, A7/1* — priză de presiune; *A1/2, A2/2, A3/2, A4/2, A6/2, A7/2, A8/1, A9/1* — ventil de reglare.

care a absorbit componentul *A*) este încălzit la fierbere în fierbătorul *2*. Vaporii formați sînt introduși în coloana de distilare, iar reziduul este evacuat cu ajutorul pompei *6* și trimis la o instalație de desorbție, în vederea obținerii componentului *A* și recirculării solventului selectiv. Vaporii componentului *B* care ies pe la vîrful coloanei de distilare sînt condensați în condensatorul-răcitor *3*. Condensatul este evacuat în vasul de reflux *4*. O parte din condensat este trimis cu ajutorul pompei 5 la partea superioară a coloanei de distilare, iar cealaltă parte (distilatul) este trimisă la depozitare sau la o prelucrare ulterioară.

O asemenea instalație de distilare extractivă se utilizează pentru separarea amestecului format din *n*-butene (componentul *A*) și *n*-butan (componentul *B*) cu ajutorul furfurolului ca solvent selectiv. Separarea acestui amestec este o fază intermediară la fabricarea 1,3-butadienei din *n*-butan.

Scanned with OKEN Scanner

Reglarea automată a parametrilor unei asemenea instalaţii constă în următoarele:

1. Debitul amestecului de alimentare al coloanei de distilare este menţinut constant cu ajutorul regulatorului de debit *A1*.

2. Debitul refluxului în conducta de refulare a pompei *5* este menţinut constant cu regulatorul de debit *A2*.

3. Presiunea în coloana de distilare este menţinută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului de component *A* în conducta de evacuare cu regulatorul de presiune *A3*.

4. Energia termică la fierbătorul *2* al coloanei este menţinută constantă prin menţinerea constantă a debitului de abur cu regulatorul *A4*.

5. Compoziţia constantă a componentului *A* în solventul selectiv este menţinută constantă prin varierea corespunzătoare a debitului de solvent selectiv care alimentează coloana de distilare.

În exemplul considerat al separării amestecului *n*-butene-*n*-butan s-a constatat experimental că este suficient controlul concentraţiei *n*-butenelor în furfurol pe un taler al coloanei de distilare situat sub alimentare.

Menţinerea constantă a compoziţiei componentul *A* în solventul selectiv este realizată cu un analizor automat de concentraţie *A5* (de obicei de tipul cu radiaţii infraroşii) montat în cascadă cu un regulator de debit *A6*. Cînd conţinutul de component *A* în solventul selectiv pe talerul intermediar pe care se face măsurarea creşte faţă de valoarea stabilită experimental (şi care constituie valoarea prescrisă), analizorul automat de concentraţie determină deplasarea indicatorului de control al debitmetrului *A6*, iar acesta, la rîndul său, măreşte corespunzător debitul de solvent sărac care alimentează coloana. Excesul de solvent selectiv absoarbe excesul de component *A*, ceea ce determină scăderea corespunzătoare a concentraţiei acestuia în solventul selectiv.

În cazul scăderii concentraţiei de component *A* în solventul selectiv, sau valoarea prescrisă pe talerul intermediar, regulatorul de debit *A6* determină micşorarea corespunzătoare a debitului de solvent sărac.

6. Presiunea în vasul de reflux *4* este menţinută constantă cu regulatorul de presiune *A7* prin varierea corespunzătoare a debitului de vapori şi gaze în conducta de ocolire a condensatorului-răcitor *3*.

7. Nivelul condensatului în vasul de reflux este menţinut constant prin varierea corespunzătoare a debitului de distilat în conducta de refulare a pompei *5*, cu regulatorul de nivel *A8*.

8. Nivelul lichidului în fierbătorul *2* este menţinut constant prin varierea corespunzătoare a debitului de solvent bogat în conducta de refulare a pompei *6* cu regulatorul de nivel *A9*.

Aplicaţiile reglării automate în procesele chimice sînt variate şi numeroase. Exemplele prezentate se referă la cazurile cele mai răspîndite.

Perfecţionarea tehnologiilor de fabricaţie a aparatelor, utilajelor şi agregatelor din instalaţiile chimice impune în mod obligatoriu reglarea automată a parametrilor care le condiţionează funcţionarea normală.

Scanned with OKEN Scanner

6. SISTEMELE DE REGLARE FOLOSITE ÎN UNELE TEHNOLOGII CHIMICE

6.1. SCHEMA DE CONTROL ŞI REGLARE A INDUSTRIEI SODEI CALCINATE

În aceste scheme se aplică controlul centralizat local şi de la distanţă, reglarea automată, comanda de la distanţă şi semnalizarea tehnologică a proceselor.

Controlul local se foloseşte la punctele de control mai puţin importante care nu necesită o supraveghere permanentă sau unde este nevoie de un control suplimentar al funcţionării aparatelor de control de la distanţă.

Controlul centralizat de la distanţă al parametrilor se face pentru a permite reglarea automată, comanda de la distanţă şi înregistrarea precisă a datelor ce interesează întreaga secţie.

Comanda propriu-zisă şi elementele de comandă ale instalaţiilor de reglare automată sînt montate pe tablourile de reglare şi control din camerele dispecer ale secţiilor de absorbţie şi distilaţie, secţia de carbonator, secţia de calcinare şi secţia de var. Aceste camere de comandă ale dispecerilor sînt izolate de clădirile în care sînt montate instalaţiile tehnologice.

Secţia de purificarea saramurii are drept rol purificarea soluţiei de clorură de sodiu de sărurile de calciu şi magneziu prin metoda sodă-var. Schema de control este arătată în fig. 6.1.

Din rezervorul de saramură brută se pompează saramura prin vasul de destindere în rezervorul de presiune din care printr-o diafragmă de consum se trece în rezervorul de amestecare.

În acelaşi rezervor se aduce soluţia de sodă şi laptele de var diluat. Pentru laptele de var se foloseşte un vas de măsură şi reglare care este în legătură cu un colector de preaplin prevăzut cu agitator şi din care lichidul diluat se pompează periodic în rezervorul de presiune.

Nivelul în rezervoare se reglează cu dispozitive de reglare cu flotor care comandă ventilul de strangulare de pe conducta de alimentare. Prelevarea din rezervoare se reglează prin telecomandă de la tablou cu ajutorul unor ventile de strangulare cu acţionare electrică. Debitele se măsoară cu debitmetre folosind manometre diferenţiale cu membrană, la saramură şi soluţia de sodă. Debitele de lapte de var şi saramură purificată, necesară diluării, se măsoară după nivelul de lichid în rezervoarele de presiune şi se determină prin metoda piezometrică folosind un manometru diferenţial cu membrană şi transmiterea indicaţiilor la tablou.

Pe tablouri se montează lămpile de semnalizare care indică atingerea nivelului prescris pentru lapte de var concentrat şi saramură purificată

Scanned with OKEN Scanner

pentru diluare. Manevra ventilelor de scurgere a laptelui de var și a saramurii purificate se face manual în funcție de indicațiile lămpilor de semnalizare.

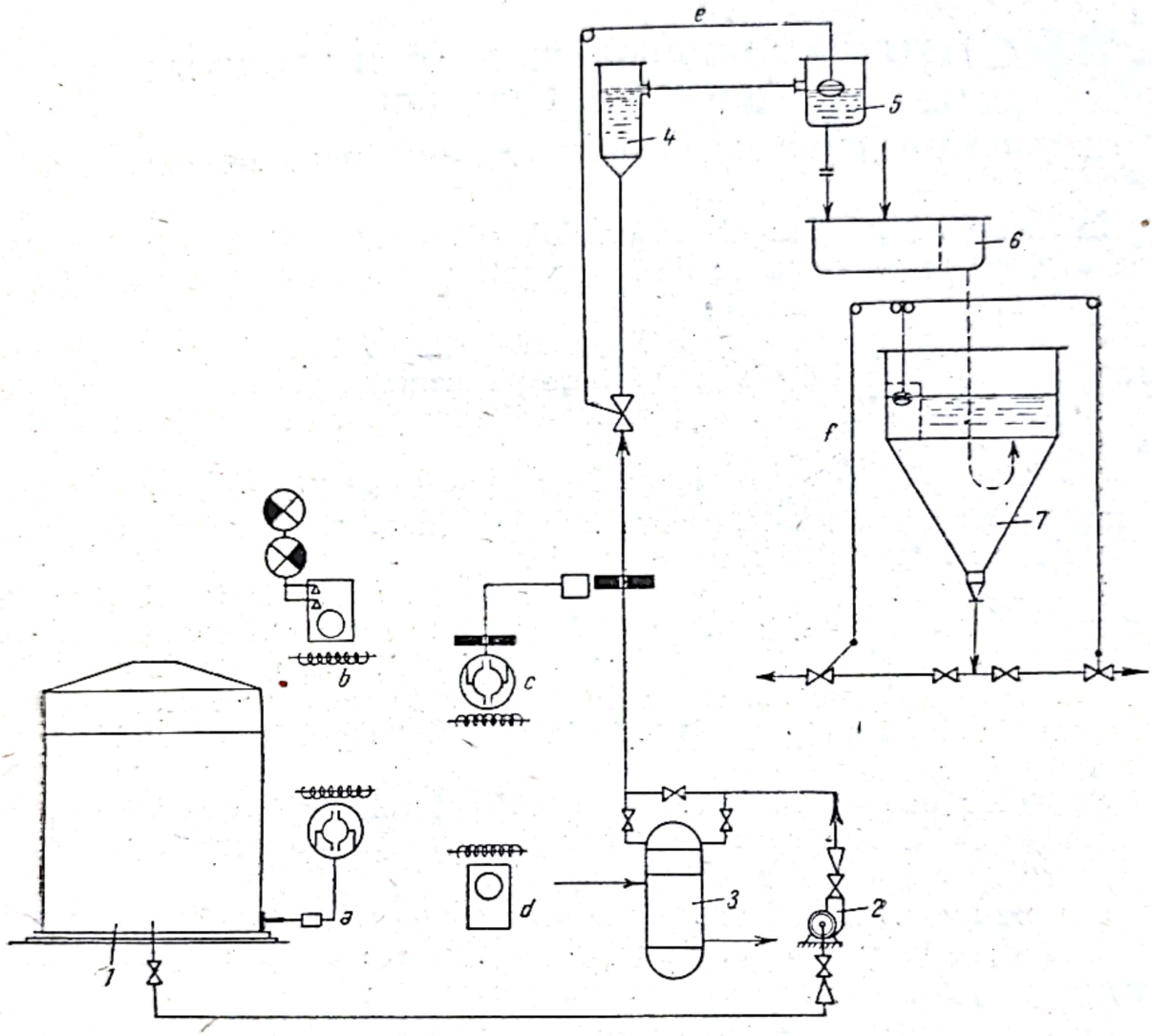


Fig. 6.1. Schema de control a secției de purificare a saramurii:

1 — rezervor de saramură brută; *2* — pompă centrifugă; *3* — preîncălzitor de saramură; *4* — vas de nivel; *5* — vas cu nivel constant; *6* — colector de amestec cu reactivi; *7* — reactor. *a* — indicator de nivel piezometric; *b* — aparat secundar de indicarea nivelului cu semnalizarea optică a pozițiilor limită; *c* — aparat primar de măsurarea debitului de saramură cu diafragmă și manometru diferențial; *d* — aparat secundar de înregistrarea și indicarea debitului de saramură; *e* — regulator de debit după principiul nivelei constante; *f* — regulator de nivel al saramurii în reactor.

Din rezervorul de lapte de var diluat prelevarea se face prin ventile de strangulare telecomandate de la tablou și acționate electric. Laptele de var se introduce în vase de măsură speciale prevăzute cu debitmetre. Din vasul de măsură laptele de var se trece la amestecarea cu saramură brută și soluție de sodă, înainte de introducere în reactor.

Nivelul în reactor se menține cu un aparat de reglare cu plutitor care acționează ventilul de strangulare montat pe conducta de trecere din reactor în decantor.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

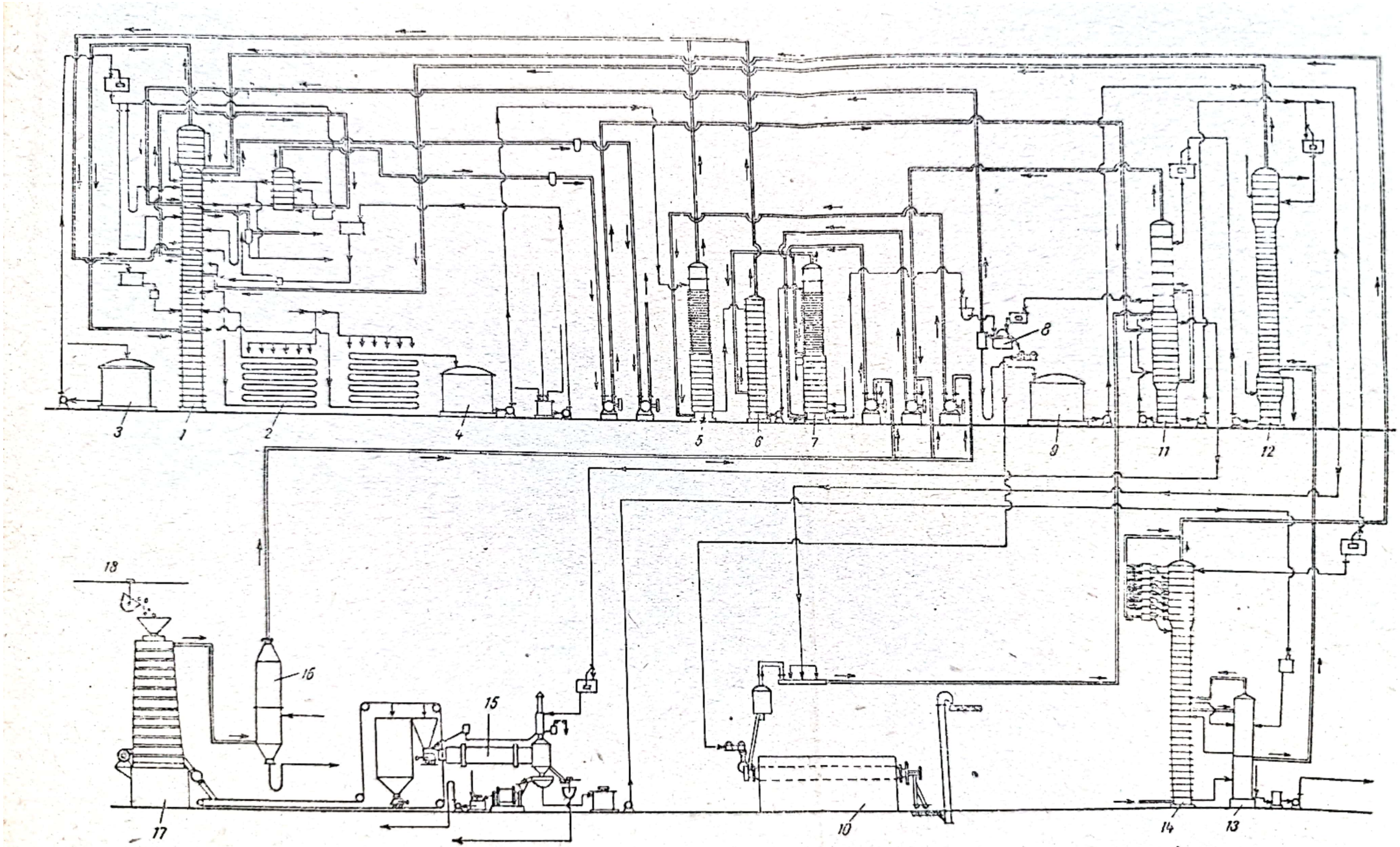


Fig. 6.2. Schema tehnologică a unei uzine de sodă calcinată după metoda amoniacală:

1 — absorbeı; *2* — răcitor cu stropire; *3* — rezervor de ape amoniacale; *4* — rezervor de leşii amoniacale; *5* — coloană de precarbonatare; *6* — spălător de gaze de coloană, *7* — coloană de producţie; *8* — filtru rotativ cu vid; *9* — rezervor de leşie de filtru; *10* — calcinator rotativ; *11* — răcitor de gaze de la calcinare; *12* — distilarea lichidelor diluate; *13* — prelaimer detentor; *14* — distilor; *15* — toba de stingere a varului; *16* — scruber electrofiltru; *17* — cuptor de var; *18* — mecanizarea alimentării cu piatră de var.

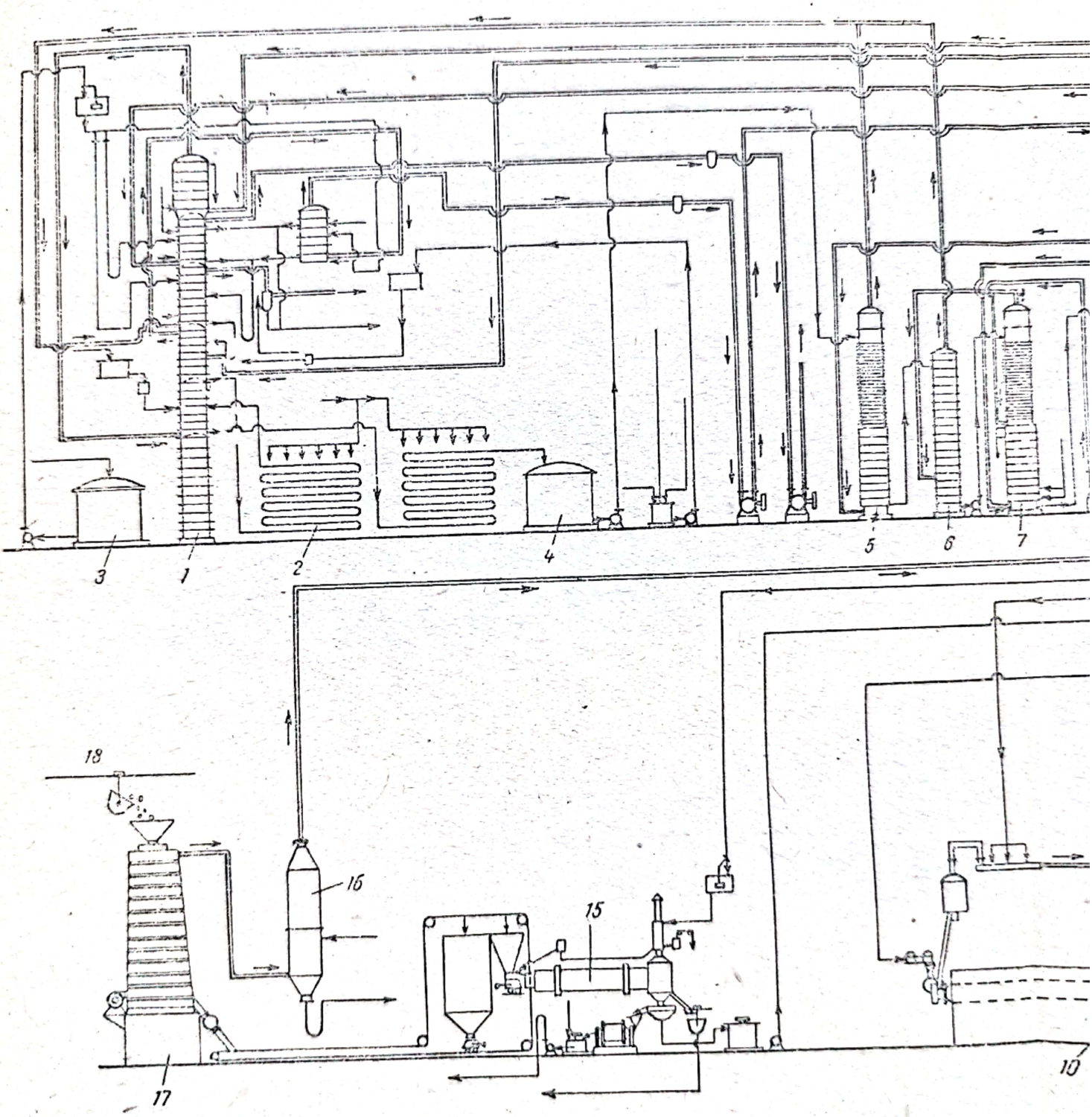
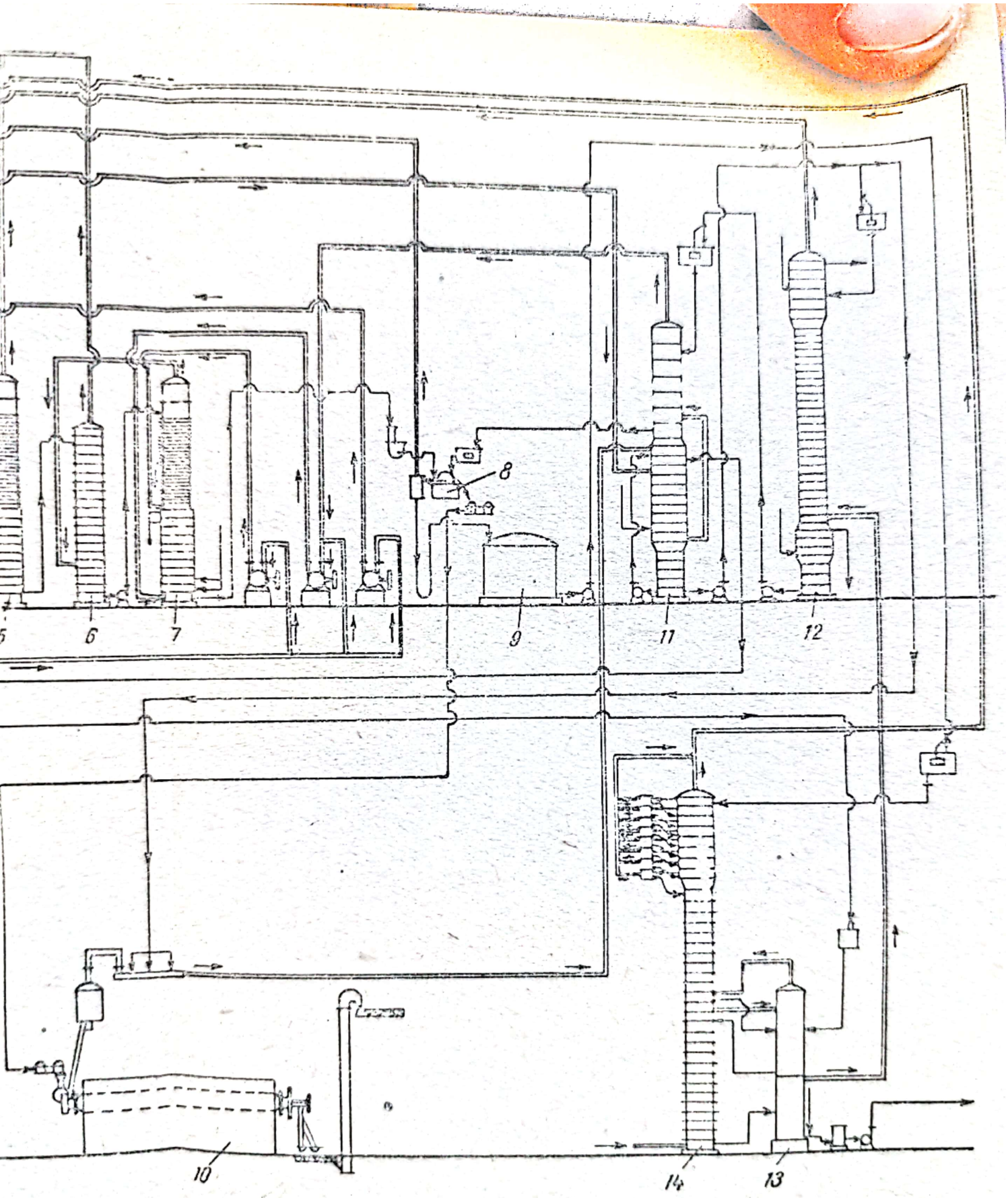


Fig. 6.2. Schema tehnologică a unei uzine de sodă (

1 — absorbei; *2* — răcitor cu stropire; *3* — rezervor de ape amoniacale; *4* — rezervor de leşii amoniaca
7 — coloană de producţie; *8* — filtru rotativ cu vid; *9* — rezervor de leşie de filtru; *10* — calcinator
delor diluate; *13* — prelaimer detentor; *14* — distilor; *15* — toba de stingere a varului; *16* — scruber ele
de var.

Scanned with OKEN Scanner



unei uzine de sodă calcinată după metoda amoniacală:

rvor de leşii amoniacale; *5* — coloană de precarbonatare; *6* — spălător de gaze de coloană, ltru; *10* — calcinator rotativ; *11* — răcitor de gaze de la calcinare; *12* — distilarea lichi- ului; *16* — seruber electrofiltru; *17* — cuptor de var; *18* — mecanizarea alimentării cu piatră de var.

Scanned with OKEN Scanner

Rezervoarele de saramură brută și purificată au nivelul controlat cu indicatoare de nivel de tip manometru diferențial, care transmit indicații la tablou și emit semnale optice și acustice la atingerea nivelului maxim sau minim din rezervor.

Se prevede semnalizarea optică și acustică a opririi agitatorului la decantor și rezervoare, luînd impulsul de la demaroarele magnetice ale motoarelor electrice.

Se prevede semnalizarea optică și acustică a pozițiilor limită a ventilelor de strangulare a regulatoarelor de nivel cu plutitor. Sistemul de semnalizare are un dispozitiv de control al lămpilor și un întrerupător al semnalului acustic.

Tabloul aparatelor indicatoare și înregistratoare cuprinde următorii parametri:

— debitul saramurii brute;
— debitul soluției de sodă;
— debitul laptelui de var;
— nivelul în rezervoare de lapte de var;
— nivelul în rezervoare de saramură brută și purificată;
— temperatura în patru puncte ale instalației;
— semnalizarea poziției limită a ventilului de strangulare;
— semnalizarea opririi agitatoarelor;
— controlul debitului de aer pentru măsurători piezometrice.

Alimentarea cu energie electrică se face de la două transformatoare de 380/220 V montate la tablourile de distribuție, din care unul este de rezervă și comutarea lor se face de la tabloul de comandă.

Secția de absorbție a cărei schemă este reprezentată în fig. 6.2 servește la saturarea saramurii cu amoniac. Saramura purificată se aduce în rezervorul de presiune de unde se trimite la spălătorul gazelor de la filtru, spălătorul gazelor de la absorbție și spălătorul gazelor de la coloană. Debitul principal de saramură care trece la spălătorul gazelor de coloană se comandă de la postul de dispecer al secției, în timp ce celelalte două debite se mențin constante cu diafragme limitatoare montate pe conducte.

Parametrul principal de reglare a secției de absorbție este debitul de saramură care trece prin aparatul de spălare a gazelor de la coloane.

Reglarea vacuumului în coloanele de absorbție se face cu ajutorul regulatorului pneumatic care va stabili regimul de presiune în întregul complex de absorbție și distilație, întrucît aceste aparate sînt legate între ele în serie.

Regulatoarele de nivel cu plutitor mențin constant debitul de saramură ce trece prin spălătorul de gaze al filtrelor și spălătorul de gaze al absorbantului.

Regulatoarele cu plutitor fixează presiunea apei amoniacale și a soluției de sulfură de sodiu deasupra diafragmelor de măsurat și deci implicit debitul acestora.

Aparatele de măsurat și control necesare secției de absorbție se referă la următorii parametri:

Scanned with OKEN Scanner

— temperatura saramurii amoniacale la intrarea și ieșirea din răcitoarele cu stropire;
— temperatura gazelor la ieșirea din absorber;
— temperatura gazelor la ieșirea din spălătorul de gaze a absorbantului;
— temperatura leșiei la ieșirea din spălătorul aerului de la filtre și a gazelor de la coloană;
— vacuumul la ieșirea din răcitorul de gaze de la distilație;
— vacuumul la ieșirea din absorber;
— vacuumul la ieșirea din aparatul de spălare a gazelor de la absorbție;
— nivelul în rezervoarele de saramură amoniacală;
— debitul de saramură purificată ce se trimite în spălătoarele de aer de la filtre și în spălătorul de gaze de absorbție;
— vacuumul la ieșirea din aparatul de spălare a aerului de la filtre și din spălătorul de gaze de absorbție;
— debitul de apă la răcitoarele cu stropire;
— semnalizarea optică a pozițiilor limită a ventilelor de strangulare de la regulatoarele de nivel și vacuum;
— semnalizarea optică și acustică a nivelului maxim în rezervorul de leșie amoniacală.

Comanda și controlul proceselor de bază din secția de absorbție se realizează de la distanță din camera de comandă a dispecerului.

Secția de distilare cu schema de control arătată în fig. 6.3 servește la recuperarea amoniacului din lichidul obținut la filtrele cu vid din secția de calcinare. Acest lichid se pompează printr-un rezervor spre condensatorul distilației, din care trece apoi succesiv prin schimbătorul de căldură, prin amestecător și distilor, înainte de a ajunge în evaporator. Aburul de eșapare a compresoarelor se trimite la baza aparatului de distilare și în caz de nevoie se adaugă abur viu de la turbină. Aburul de la evaporatoarele secției de sodă caustică se introduce în schimbătorul de căldură al distilației. Gazul obținut se trece prin condensatorul și răcitorul de gaze al distilorului înainte de a intra în coloana de absorbție.

Prin automatizarea secției se urmărește a se stabiliza debitul de lichid de la filtre și alimentarea cu abur și lapte de var în cantități corespunzătoare debitului de lichid supus tratării, care constituie parametrul director.

Debitul constant al lichidului de filtru ce se trimite la distilare se reglează cu regulatorul de nivel cu flotor de la rezervorul de presiune. Comanda acestui debit se face cu un ventil de strangulare acționat de la tablou cu ajutorul servomotorului electric. În mod similar se comandă și debitul de lapte de var.

Nivelele constante în rezervoare se mențin cu regulatoare cu plutitor.

Temperatura gazelor la ieșirea din răcitorul gazelor de distilare se măsoară cu o punte electronică echilibrată și se stabilizează cu un dispozitiv pneumatic de reglare care acționează asupra unui ventil cu membrană așezat pe conducta de alimentare cu apă a răcitorului. Aerul comprimat necesar reglării pneumatice se obține de la secția de compresoare.

Scanned with OKEN Scanner

Debitul de abur de amestec se reglează cu un regulator hidraulic de debit a cărui funcționare este ajutată de un regulator hidraulic de presiune care acționează asupra cantității de abur suplimentar luat de la turbină. Uleiul sub presiunea de 6 at se obține de la o instalație comună.

Controlul de la distanță și local în secția de distilare se face privitor la următorii parametri:

— temperatura aburului de la turbină și a aburului de amestec;

— temperatura gazelor la ieșirea din condensator;

— temperatura gazelor la ieșirea din schimbătorul de căldură;

— temperatura gazelor la partea superioară a distilorului;

— temperatura aburului după evaporator;

— temperatura lichidului la ieșirea din schimbătorul de căldură;

— temperatura lichidului la ieșirea din condensator și la ieșirea din schimbătorul de căldură;

— debitul lichidului de la filtre și a soluțiilor diluate ce se introduc la distilație;

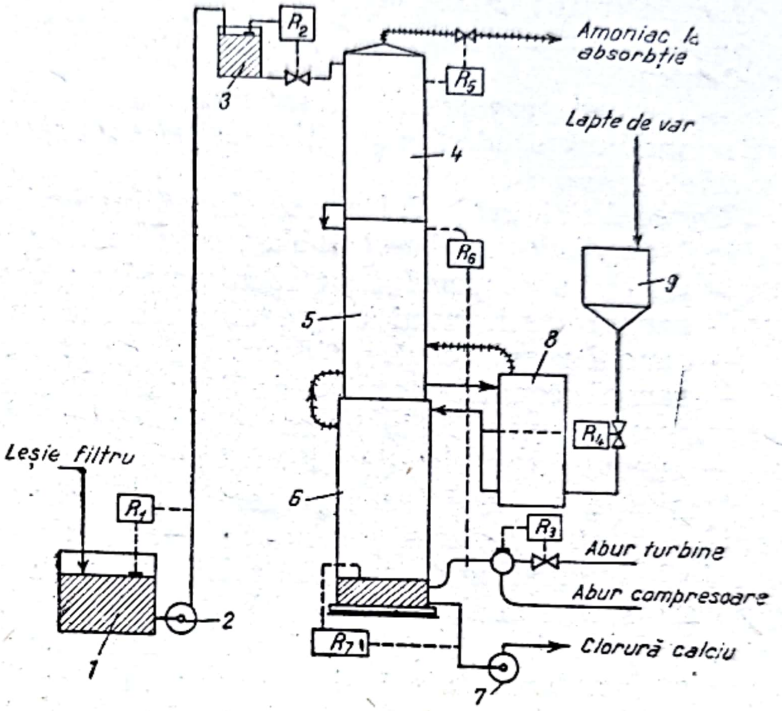


Fig. 6.3. Schema de control a distilării amoniacului:
1 — rezervor de leșie de filtru; *2* — electropompă centrifugă; *3* — rezervor tampon; *4* — condensator; *5* — preîncălzitor; *6* — distilor; *7* — pompă centrifugă de leșie finală; *8* — prelaimer; *9* — rezervor de lapte de var; R_1 — regulator de nivel al leșiei de filtru; R_2 — regulator de nivel; R_3 — regulator de amestec a aburului de la compresoare cu abur de la turbine; R_4 — regulator pentru excesul de oxid de calciu; R_5 — regulator de presiune la vîrful coloanei; R_6 — regulator de temperaturi în preîncălzitor; R_7 — regulator de nivel la baza coloanei.

— debitul de lapte de var;

— debitul de abur consumat și debitul de abur preluat de la turbină;

— presiunea aburului consumat și a aburului de la turbină;

— presiunea la baza aparatului de distilare, la baza schimbătorului de căldură și la partea superioară a schimbătorului de căldură;

— vacuumul la ieșirea din condensator;

— nivelul în rezervoarele lichidului de la filtre;

— nivelul laptelui de var în amestecător, stabilit prin metode piezometrice;

— semnalizarea optică a nivelului minim a laptelui de var în amestecător;

— semnalizarea optică a pozițiilor limită a ventilelor de strangulare de la regulatoarele automate;

— semnalizarea optică a opririi agitatoarelor la colectoarele de ape cu nămol;
— semnalizarea optică și acustică a opririi agitatoarelor la rezervorul de lapte de var și la amestecător;
— semnalizarea optică și acustică a nivelelor limită în rezervoarele cu lichid de filtru;
— semnalizarea optică și acustică a debitului maxim de abur de la turbină;
— semnalizarea presiunii maxime a aburului de amestec în colector și semnalizarea optică a poziției clapei de evacuare a aburului, în caz de avarie.

Comanda și controlul proceselor tehnologice de bază se face de la tabloul de dispecer. Acest tablou este compus din următoarele panouri:
— panoul absorberului cu regulatorul pneumatic de vacuum;
— panoul distilorului cu regulatorul hidraulic al debitului de abur;
— panoul regulatorului hidraulic al presiunii aburului de amestec;
— panoul condensatorului de la distilație cu regulatorul pneumatic a temperaturii gazelor la ieșirea din răcitorul de gaze;
— panoul aparatelor de măsurat generale.

Secția de carbonatare reprezentată în schema de control din fig. 6.4 servește pentru tratarea saramurii amoniacale cu bioxid de carbon obținut de la cuptoarele de var și de la cuptoarele de calcinare a sodei. Procesul are loc în două faze:
a) carbonatarea preliminară a saramurii amoniacale cu gaz diluat;
b) carbonatarea totală și precipitarea bicarbonatului.

Se utilizează cinci coloane de carbonatare din care una este în mod periodic în stadiul de precarbonatare.

Parametrul principal al procesului tehnologic în secția de carbonatare este debitul de gaz ce intră în coloanele de precipitare. Problema reglării automate constă în repartizarea uniformă și alimentarea constantă a coloanelor cu gaz de cuptor sau cu gaz de amestec. Fiecare coloană este alimentată automat cu saramură amoniacală precarbonatată și în ea trebuie menținut un regim optim de temperatură și un raport între temperatura gazului și prelevarea de lichid la ieșirea din coloană.

Distribuirea automată a gazului se face cu regulatoare de debit la intrarea *I* și *II* a fiecărei coloane. Aceste regulatoare sînt comandate de regulatorul presiunii din colectorul general de gaze, în cazul cînd debitul primit de la compresoare variază. Se utilizează regulatoare hidraulice ce folosesc ulei la 6—8 at, presiune realizată în hala compresoarelor.

Analiza gazelor din colectorul comun și de la partea superioară a coloanelor de carbonatare și a spălătorului de gaze de coloană se face cu analizoare de gaze chimice montate pe tablouri în apropierea punctelor de preluare a probelor.

Alimentarea cu saramură a coloanelor se reglează în funcție de nivelul lichidului în coloană, cu ajutorul regulatorului cu plutitor. În mod similar se reglează alimentarea saramurii în spălătorul de gaze a coloanei în funcție de nivelul în rezervorul de saramură precarbonatată.

Scanned with OKEN Scanner

Debitul de lichid ce se scoate din coloanele de carbonatare se reglează în funcție de temperatura gazelor evacuate, folosind o punte electronică echilibrată și prevăzută cu dispozitiv de reglare pneumatică a servomecanismelor cu membrană.

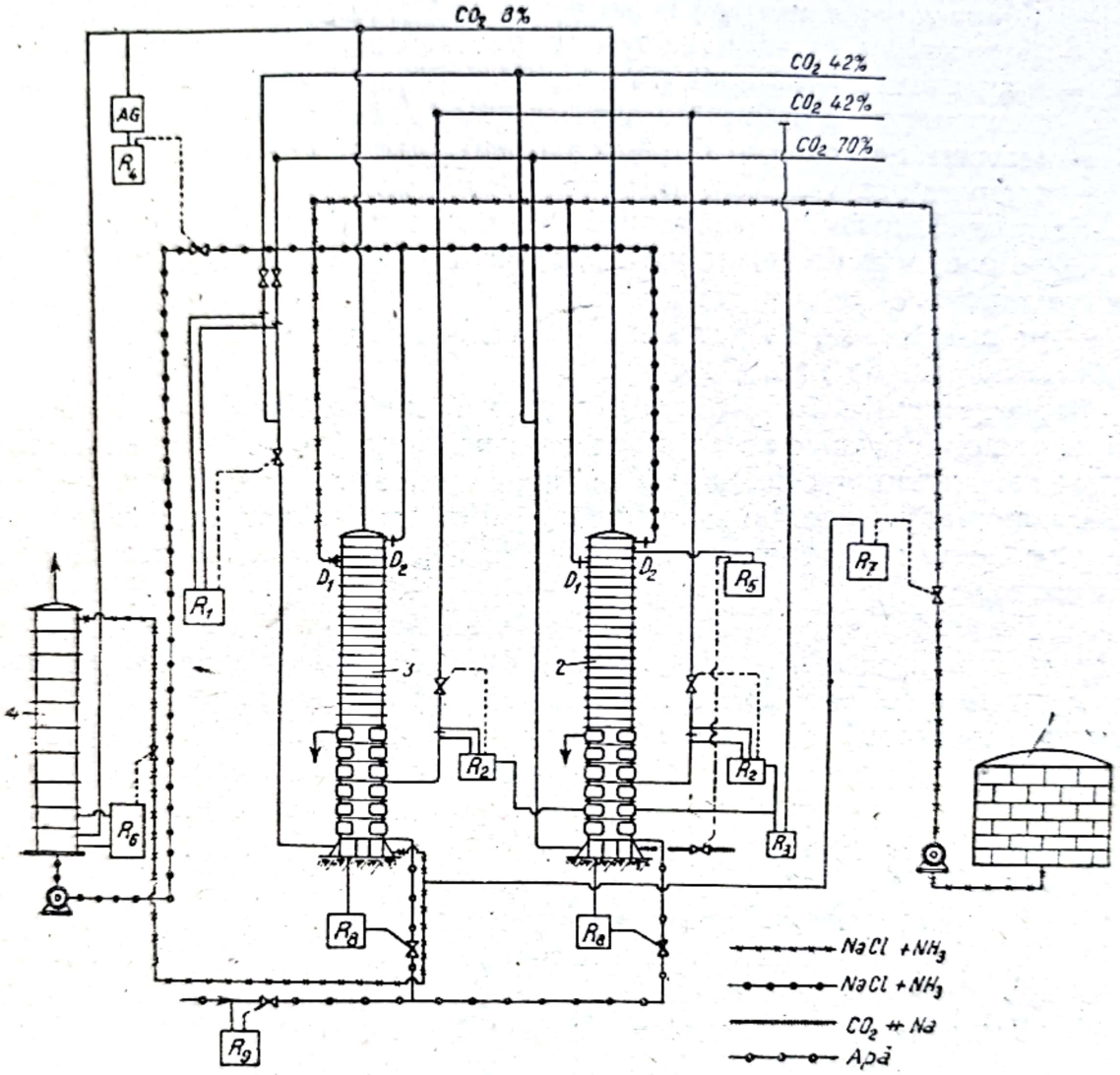


Fig. 6.4. Schema de control a carbonatării:

1 — rezervor de saramură purificată; 2 — coloană de precarbonatare; 3 — coloană de carbonatare; *4* — spălător de gaze de coloană; R_1 — regulator de debit (bioxid de carbon 70%); R_2 — regulator de debit (bioxid de carbon 42%); R_3 — regulator de poziționare a regulatoarelor de debit de bioxid de carbon în funcție de presiunea în colector; R_4 — regulator de debit saramură amoniacală cu traductor analizor de gaze chimic; R_5 — regulator de nivel al lichidului în coloană; R_6 — regulator de nivel al lichidului în spălătorul de gaze al coloanei; R_7 — regulator de debit de saramură; R_8 — regulator de temperatură; R_9 — regulator de presiune în colectorul de apă de răcire.

Debitul de apă de răcire introdus la coloanele de carbonatare sau precarbonatare se reglează în funcție de temperatură cu punți electronice echilibrate și dispozitive pneumatice de acționare. Aerul comprimat al regulatoarelor pneumatice se obține centralizat de la stația de aer comprimat din hala mașinilor.

Pentru controlul procesului de carbonatare se măsoară și se înregistrează cu termometre cu rezistență și punți electronice echilibrate sau termometre tehnice cu mercur următoarele temperaturi:

— temperatura leșiei în 14 elemente de răcire a coloanelor;
— temperatura saramurii înainte de spălătorul gazelor de coloană;
— temperatura saramurii după spălătorul de gaze a coloanelor;
— temperatura saramurii amoniacale după rezervor;
— temperatura gazului înaintea spălătorului gazelor de coloană;
— temperatura gazului după spălătorul gazelor de coloană;
— temperatura apei după răcirea coloanelor.

Se prevede măsurarea presiunii locale în următoarele puncte:

— pe conducta de saramură amoniacală după pompare cu manometre de amoniac cu arc;
— pe colectoarele de gaz după ieșirea din coloanele de carbonatare și după spălătorul de gaze al coloanelor.

Reglarea vidului în colectorul de gaze al cuptoarelor de var se face cu un regulator hidraulic de presiune care primește impulsul de pe colectorul de gaze al cuptoarelor de sodă și acționează asupra ventilului de strangulare montat pe conducta de legătură dintre colectorul de gaze al cuptoarelor de var și conducta de aspirație a gazului de amestec de către compresoare.

Răcitorul de gaze al cuptoarelor de sodă utilizează pentru reglarea temperaturii după răcitor și a condensatului înainte de intrarea în spălător o punte electronică echilibrată cu dispozitive pneumatice de reglare, care primesc impuls de la termometrele cu rezistență și acționează asupra ventilelor de strangulare de pe conducta de apă de răcire.

Nivelul condensatului și al lichidelor diluate se menține constant cu regulatoarele de nivel cu plutitor, prevăzute cu dispozitive de semnalizare a pozițiilor limită.

Debitul de condensat pentru spălarea gazului de la cuptoarele de sodă se reglează de la tablou prin telecomandă pe baza indicațiilor debitmetrului.

Analiza gazelor de la cuptoarele de calcinare se face după spălătorul de gaze cu un analizor chimic de gaz montat pe tablou în apropierea locului de preluare a probei.

Se măsoară temperaturile în următoarele puncte ale instalației de spălare a gazelor de calcinator:

— temperatura gazelor obținute din calcinator după spălătorul de gaze;
— temperatura lichidelor diluate;
— temperatura gazului de la calcinator înainte de răcitor.

Aparatele de măsurat, control și reglare ale secției de carbonatare sînt amplasate pe un tablou cu următoarele panouri:

— panoul regulatoarelor automate al coloanelor;
— panoul regulatoarelor de temperatură;
— panoul măsurătorilor generale;
— panoul răcitorului de gaze al calcinatorului.

Scanned with OKEN Scanner

Secția de compresoare comprimă gazele de la cuptoarele de var și calcinatoare la secția de carbonatare.

Se consideră funcționarea normală a compresoarelor cînd se utilizează la maximum debitul lor și cînd se respectă presiunea și temperatura gazului, debitul, presiunea și temperatura aburului de acționare.

Vidul în colectorul de gaze al calcinatorului se menține la nivelul prescris cu un regulator care adaugă gaze de la cuptoarele de var la gazele provenind de la calcinator.

La această secție se controlează următorii parametri:

— presiunea aburului;
— temperatura aburului;
— debitul de apă de răcire;
— debitul de gaze al fiecărui cilindru al compresorului;
— temperatura gazului înainte și după răcitor;
— temperatura gazului în colectoarele de gaz.

În aceste secții se montează și două compresoare de aer acționate cu abur și care asigură ridicarea presiunii aerului pînă la 8 at. După comprimare aerul se trece prin separatorul de ulei în rezervorul de aer și apoi în răcitor și spălătorul cu apă a bioxidului de carbon.

Uscarea aerului comprimat se face într-o baterie de uscare.

În sala mașinilor se află și instalația de comprimare a uleiului necesar sistemului de reglare hidraulică.

Sistemul se compune din patru instalații care se leagă printr-un colector comun și asigură debitul necesar la o presiune de 6 kgf/cm^2.

Toate aparatele secundare indicatoare și înregistratoare sînt montate pe tablourile din sala mașinilor:

— tabloul instalației de control al compresorului pe care se indică debitul fiecărui cilindru al compresorului, presiunea gazului în conducta de ieșire, debitul, presiunea și temperatura aburului;

— tabloul aparatelor generale pe care se indică presiunea și temperatura gazului în colectoarele generale și la toate racordurile spre coloanele de carbonatare;

— tabloul instalațiilor de comprimare a uleiului cu butoanele dispozitivelor de acționare și manometrul indicator.

Secția de calcinare cu schema de control reprezentată în fig. 6.5 servește pentru transformarea prin încălzire a bicarbonatului de sodiu în sodă calcinată.

Parametrul director este cantitatea de bicarbonat care intră în calcinatoare, dar, fiindcă aceasta nu se poate măsura, parametrii auxiliari adoptați pentru schema de reglare și control au fost alungirea tobelor calcinatoare și temperatura sodei care se evacuează.

La mărirea sau micșorarea cantității de bicarbonat care intră în calcinator la un debit constant de combustibil și aer secundar crește sau scade temperatura sodei evacuată din tobă, fapt care atrage scurtarea sau lungirea ei.

Scanned with OKEN Scanner

Alungirea tobei calcinatorului se măsoară cu un aparat indicator şi înregistrator prin inducţie, iar la alungirea maximă de 105 mm se conectează lampa roşie a semnalizării optice şi se emit semnale acustice.

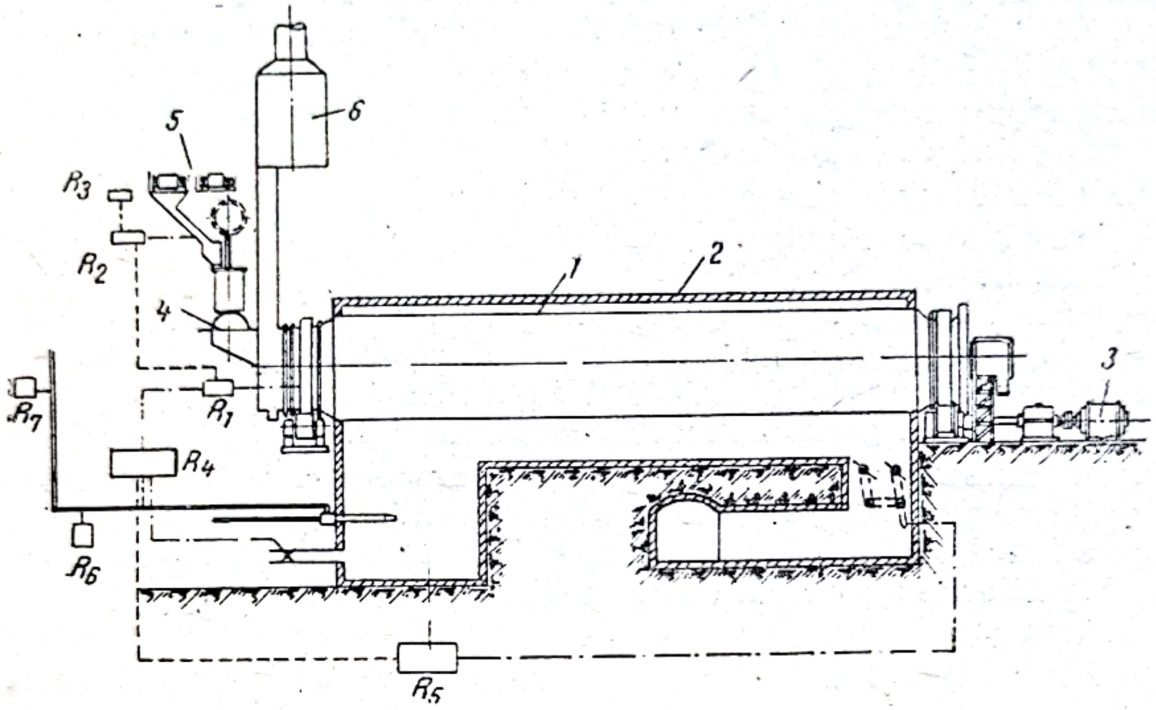


Fig. 6.5. Schema de control a calcinatoarelor rotative:

1 — calcinator rotativ; *2* — înzidirea calcinatorului; *3* — dispozitiv de rotire; *4* — alimentator de bicarbonat; *5* — mecanizarea transportului de bicarbonat; *6* — separator de sodă din gaze; R_1 — măsurătorul alungirii termice a calcinatorului; R_2 — regulator de debit de bicarbonat; R_3 — regulatorul de regim al benzilor de transport; R_4 — regulator principal al combustiei; R_5 — regulator de tiraj; R_6 — regulator de debit al combustibilului; R_7 — regulator de presiune al combustibilului.

Temperatura sodei care se evacuează se măsoară cu un termocuplu cromel-copel cu inerţie redusă legat la un potenţiometru electronic automat. Alungirea tobei şi temperatura sodei se folosesc ca impuls pentru reglarea automată a alimentării cu păcură şi aer şi pentru reglarea tirajului din focarul calcinatorului.

De la tablou prin telecomandă se acţionează mecanismele electrice de execuţie al ventilului de pe conducta de păcură şi registrele de pe conducta de aer şi canalul de fum.

Debitul de păcură se măsoară cu un debitmetru de cădere constantă a presiunii, iar debitul de aer cu un manometru diferenţial cu plutitor.

Tirajul în canalul de fum se măsoară cu un vacuummetru cu clopot, iar arderea combustibilului se controlează prin analiza gazelor de bioxid de carbon cu un analizor de gaz electric.

Pentru control şi reglare se măsoară următorii parametri tehnologici:

— temperatura gazului evacuat din calcinator;
— temperatura gazelor arse evacuate;
— temperatura aerului ce se introduce în focar;

Scanned with OKEN Scanner

— presiunea aerului ce se introduce în focar;
— depresiunea în colectorul de gaze al calcinatorului;
— analiza gazelor de bioxid de carbon din colectorul de gaze al calcinatorului.

Pentru menținerea fluidă a păcurii care intră în focar se folosește încălzirea cu abur la 70°C comandată de punți electronice cu dispozitive de reglare pneumatică care acționează asupra ventilului de pe conducta de alimentare cu abur.

Tablourile de comandă și control ale calcinatorului se montează la cota ±0,00 a fiecărui calcinator.

La cota +4,6 m se montează tablourile debicarbonatoarelor și a instalației de diluare a sodei. În camera dispecerilor de la secția de calcinare se montează tablourile aparatelor înregistratoare și anume:

— tabloul preîncălzitoarelor de păcură;
— tabloul calcinatoarelor;
— tabloul măsurării generale a calcinării;
— tabloul debicarbonatoarelor;
— tabloul măsurării generale a debicarbonatării;
— tabloul de preparare a leșiei pentru debicarbonatoare;
— tabloul stației de diluare a soluției de sodă;
— tabloul preîncălzitorului de saramură purificată.

Tablourile montate în secții sînt de tip dulap capsulate în timp ce tablourile din camera dispecer sînt de tip deschis.

6.2. SCHEMA DE CONTROL ȘI REGLARE A INDUSTRIEI SODEI CAUSTICE DE CAUSTIFICARE

Tehnologia sodei caustice se bazează pe următoarele trei operații principale:

— prepararea soluției de sodă în stingătoarele caustificatoare din secția lapte de var;
— continuarea caustificării pînă se obține o soluție de 12%;
— concentrarea prin evaporare și topire pînă se obține o soluție de 45 sau 96%, conform schemei tehnologice din fig. 6.6.

Tobele de caustificare sînt amplasate în hala tobelor de var și automatizarea este rezolvată în comun.

Soluția normală de sodă cu alcalinitatea totală 80 *DN*[1]) se prepară prin amestecarea soluției de sodă obținută din debicarbonator cu alcalinitatea de 115 *DN* cu soluții de sodă provenite din instalațiile de evaporare sub vacuum cu alcalinitate de 55 *DN* și cu ape reziduale cu alcalinitate de 60 *DN* obținute de la dizolvarea sodei caustice roșii.

Bicarbonatul de sodiu brut de la secția de calcinare se obține pe filtre cu vid și se trimite parțial la debicarbonator pentru prepararea soluției de sodă.

[1]) *DN* este diviziunea normală și reprezintă echivalentul -gram al concentrației.

Scanned with OKEN Scanner

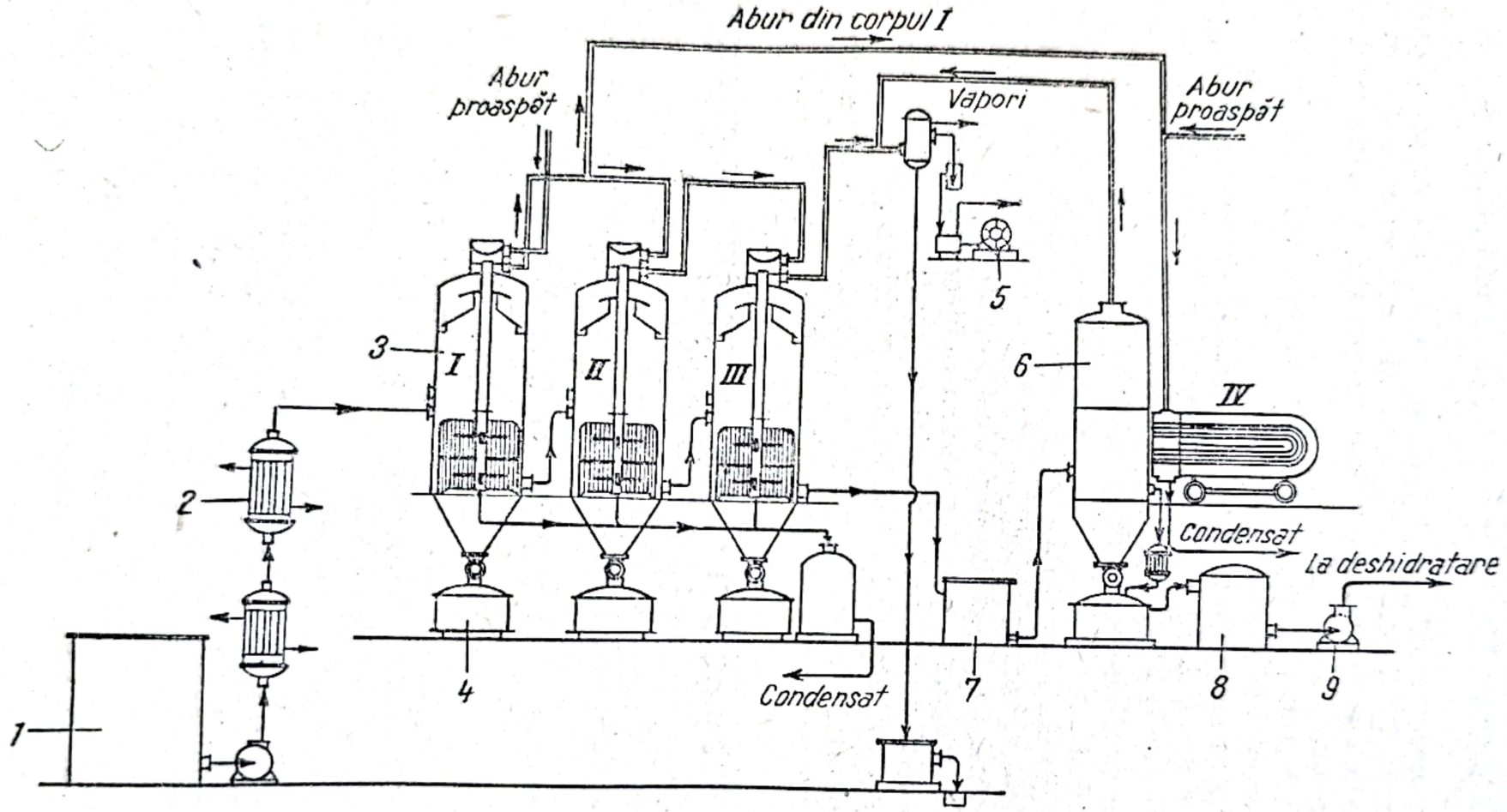


Fig. 6.6. Schema tehnologică a evaporării sodei caustice:

1 — rezervor de leşie; *2* — preîncălzitoare cu abur; *3* — evaporatoare cu triplu efect; *4* — separatoare de săruri; *5* — pompă de vid; *6* — evaporator final; *7* — rezervor tampon de leşie concentrată 45%; *8* — rezervor tampon de leşie concentrată 96%; *9* — pompă centrifugă.

Gazul de bioxid de carbon produs de debicarbonator se îndreaptă spre sala compresoarelor prin răcitoare.

Parametrul principal de reglare automată a secției este cantitatea de bicarbonat alimentat.

Reglarea automată și controlul diferiților parametri ai procesului tehnologic trebuie să asigure o prelucrare a întregii cantități de bicarbonat la un regim optim de funcționare.

Alimentarea cu abur a debicarbonatorului se reglează cu un regulator după temperatura gazului evacuat.

În rezervorul de presiune prevăzut cu regulator de nivel cu plutitor se introduc leșii slabe al căror debit de trecere spre amestecător se măsoară cu un debitmetru tip manometru diferențial cu plutitor. În amestecător se introduce în mod uniform bicarbonatul de sodiu brut de la filtrele cu vid.

Reglarea lichidului care se introduce în amestecător se face prin telecomandă de la tablou după filtrarea suspensiei la ieșirea din fiecare amestecător.

Suspensia de bicarbonat obținută în amestecător se scurge în două rezervoare cu agitator de unde cu pompe centrifuge se trimite în debicarbonator. Debitul de suspensie se măsoară cu un debitmetru cu fantă și cu plutitor, iar reglarea debitului se face de la distanță cu un registru de laminare acționat electric.

Alimentarea cu abur a debicarbonatoarelor se face prin două branșamente din care unul primește abur secundar de la secția de evaporare a sodei caustice. Dacă debitul de abur secundar este insuficient se folosește al doilea branșament pentru alimentare cu abur laminat de la centrala termoelectrică.

Debitul de abur și presiunea se măsoară cu manometre diferențiale cu plutitor, indicatoare și înregistratoare.

Alimentarea cu abur laminat se reglează cu ajutorul punții electrice automate cu dispozitiv de acționare pneumatică, utilizînd ca parametru director temperatura gazelor evacuate din debicarbonator, măsurată cu un termometru cu rezistența de platină.

Presiunea aburului primit de la centrala de termoficare este de 3 at și un regulator automat de presiune asigură după laminare presiunea de regim de 1,7 at. Debitul de abur laminat și presiunea se măsoară cu un manometru diferențial cu plutitor avînd aparate secundare indicatoare și înregistratoare.

După ieșirea din debicarbonator soluția de sodă trece într-un rezervor de unde o pompă centrifugă o trimite la hala tobelor de var.

Secția de debicarbonatare se supraveghează prin măsurarea următorilor parametri:

— temperatura aburului de la evaporatoare, a aburului laminat și a soluției de sodă la ieșirea din debicarbonator folosind termometre cu rezistență de platină sau termometre cu mercur locale;

— presiunea la baza debicarbonatorului, care se măsoară cu manovacuummetrul în formă de U;

Scanned with OKEN Scanner

— presiunea gazului la ieşirea din debicarbonator, care se măsoară cu manovacuummetrul înregistrator cu silfon;

— analiza gazelor evacuate din debicarbonator, care se face cu un analizor înregistrator de laborator.

O parte din soluţia de sodă se trimite la staţia de diluare a soluţiei de sodă pentru a servi la purificarea saramurii.

Tablourile de comandă şi control a debicarbonatării şi staţiei de diluare a sodei se montează lîngă agregatele corespunzătoare. În camera dispecerilor de la secţia de calcinare sînt montate o serie de tablouri pentru aparatele înregistratoare.

Tablourile de control şi comandă ce se montează în secţii sînt de tip dulap capsulate.

Tablourile aparatelor înregistratoare care se montează în camera de comandă sînt de tip deschis.

În secţia de stingerea varului se găsesc tobele de caustificare în care varul ars se aduce de la buncărul de consum şi cu un alimentator cu jgheaburi se dozează continuu. În tobe se alimentează continuu soluţie normală de sodă de la un vas de presiune în care nivelul se menţine constant cu ajutorul unui plutitor şi ventil de reglare cu dispozitiv de semnalizare a poziţiei.

Debitul de soluţie de sodă introdus în caustificator se reglează de la distanţă în funcţie de indicaţiile debitmetrului.

Temperatura soluţiei normale de sodă se reglează cu un regulator termic care acţionează asupra debitului de apă a răcitorului.

Suspensia alcalină obţinută în caustificator se scurge prin sifon în vasul de colectare cu agitator din care se pompează la secţia de caustificare. Nivelul se menţine constant în vasul colector cu un regulator cu flotor şi ventil montat pe conducta de evacuare din vasul colector.

Se prevede măsurarea următorilor parametri:

— temperatura soluţiei normale din rezervorul de presiune;

— temperatura suspensiei alcaline la ieşirea din stingătorul caustificator;

— nivelul în vasul colector de soluţie normală;

— semnalizarea acustică şi optică a opririlor accidentale ale motoarelor de acţionare şi a poziţiilor extreme ale ventilelor.

Tablourile caustificatoarelor sînt montate în camera de comandă a secţiei de var şi există o legătură telefonică cu secţia de caustificare de care este legată prin procesul tehnologic.

Suspensia de sodă obţinută în tobele de caustificare de la secţia de var se trimite la caustificatorul secundar din secţia de caustificare, care este prevăzut cu agitator orizontal.

Din acest aparat leşia se ia cu pompe plunger şi se trimite în decantor pentru limpezire. După decantor se dozează sulfura şi sulfatul de sodiu, iar soluţia cu concentraţia 12% se trimite la secţia de evaporare şi topire.

Leşia din vasul tampon intermediar se decantează, se caustifică şi nămolul se spală pe un decantor Dorr cu şase etaje. Lichidul clar se trece

Scanned with OKEN Scanner

pentru a dizolva reziduurile de sodă de pe filtrele de vid și mai departe la rezervorul de colectare a soluției normale de caustificare.

Se prevede măsurarea următorilor parametri:

— temperatura suspensiei înainte și după caustificare;
— temperatura lichidului clar după ieșirea din decantor;
— temperatura lichidului înainte și după caustificare secundară;
— temperatura lichidului clar după al cincilea și al șaselea etaj al spălătorului de nămol;
— temperatura apei de spălare la etajul al șaselea al spălătorului de nămol;
— temperatura condensatului înainte de intrarea în filtrele cu vid și a filtratului obținut de pe acestea;
— nivelul în rezervorul intermediar după caustificator;
— nivelul din vasele colectoare de nămol;
— nivelul din rezervorul de presiune a apelor de spălare;
— nivelul în vasul colector al leșiei de sodă de 12%;
— vidul după separator;
— debitul soluției de sodă pentru caustificarea a doua;
— debitul de leșie de 12% care se trece la evaporare;
— debitul de condensat care se trimite la filtrele cu vid;
— debitul de leșie care se trimite la vasul spălător cu șase etaje.

Se semnalizează optic și acustic atingerea pozițiilor limită a nivelului, oprirea agitatoarelor, oprirea filtrelor cu vid și pozițiile extreme ale organelor de reglare.

Secția de evaporare servește la concentrarea leșiei caustice de la 12 la 45%. Evaporatoarele treptei întîi sînt în serie, iar evaporatoarele treptei a doua sînt în paralel. După această evaporare, se face o decantare a soluției de 45% și suspensia se trimite la spălare pe filtrele cu vid. Leșiile clare se trimit din nou în decantor, iar sărurile separate se trimit în vasul de dizolvare cu soluții slabe de sodă care provin de la secția de caustificare.

Leșia de 45%, care nu se comercializează ca atare, se trimite la treapta a treia și a patra de evaporare, care lucrează în serie pentru a obține o concentrație de 75%.

Din vasul colector leșia de 75% se trimite la preîncălzitoare și apoi la bateriile de topire-limpezire și răcire.

La secția de evaporare și topire se controlează și măsoară următorii parametri:

— debitul de abur;
— presiunea pe conducta cu leșia de 12%;
— presiunea în conducta de abur necesar evaporării;
— tirajul în focar;
— temperatura leșiei caustice de 12% înainte și după preîncălzitor;
— temperatura condensului după preîncălzitor;
— temperatura aburului adus la evaporatoare;
— temperatura sodei caustice în bateriile de topire;

Scanned with OKEN Scanner

— temperatura sodei caustice înainte și după bateriile de căldări;
— semnalizarea optică și acustică a nivelelor extreme;
— semnalizarea optică a opririi agitatoarelor.

6.3. SCHEMA DE CONTROL ȘI REGLARE A INDUSTRIEI SODEI CAUSTICE ELECTROLITICE

Secția de purificarea saramurii asigură alimentarea cu materii prime efectuînd următoarele operații tehnologice:
— dizolvarea sării, clorurii de bariu (reactiv) și neutralizarea saramurii;
— filtrarea și depozitarea saramurii.

Utilajul, cu excepția rezervoarelor, este amplasat în încăperi cu mediu ambiant normal, conform schemei tehnologice din fig. 6.7.

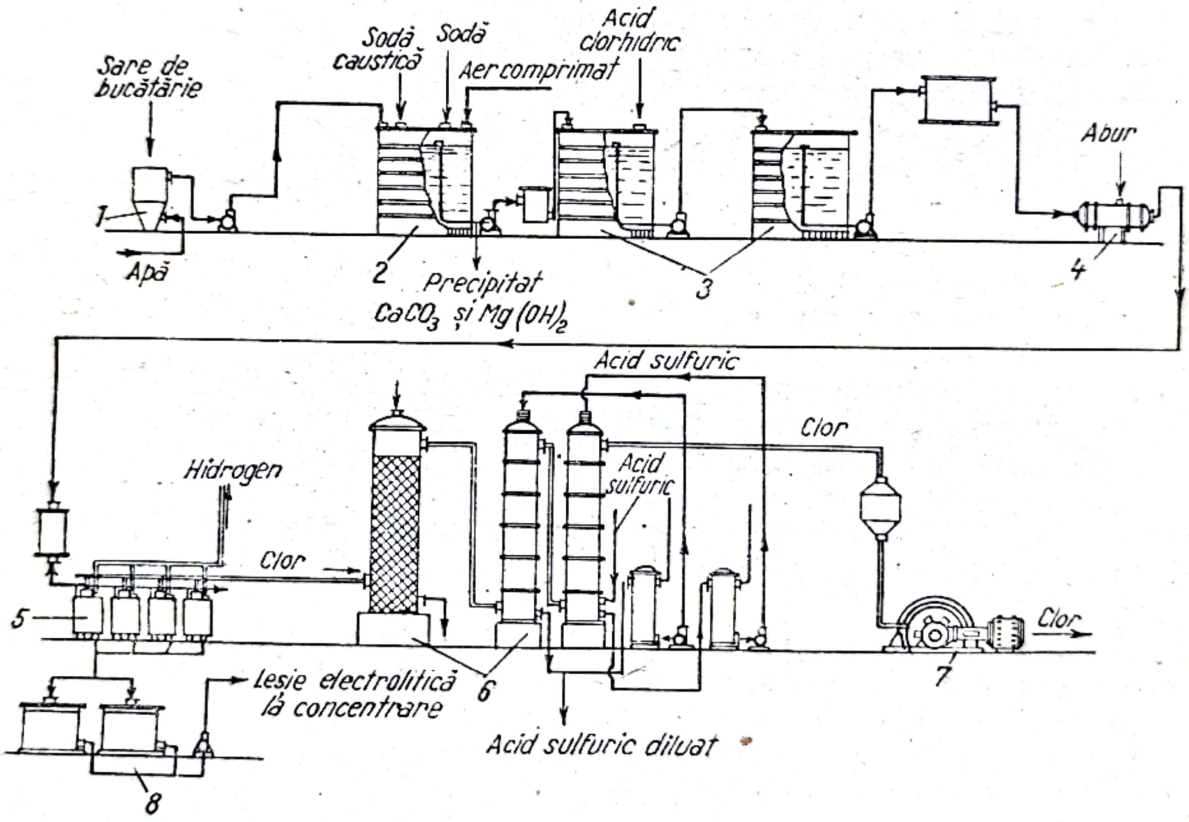


Fig. 6.7. Schema tehnologică de producerea sodei caustice electrolitice:
1 — vas de dizolvarea sării; *2* — instalație pentru purificarea saramurii; *3* — instalație de neutralizare; *4* — preîncălzitor cu abur; *5* — celule de electroliză cu diafragmă; *6* — instalație de spălarea și uscarea clorului; *7* — compresor de clor; *8* — rezervoare de saramură.

Comanda proceselor tehnologice de fabricație este în general manuală, pe loc, după indicațiile aparatelor de măsurat și control montate pe aparate, conducte și tablouri locale.

Aparatele care înregistrează debitul de abur se montează la intrarea conductelor în clădire, pe console.

Scanned with OKEN Scanner

Nivelul în rezervoarele de saramură se măsoară și indică pe tabloul local.

Menținerea temperaturii constante a saramurii la ieșirea din preîncălzitor se face cu un regulator pneumatic de temperatură, care acționează asupra clapetei pneumatice de reglare montată pe conducta de alimentare cu abur a preîncălzitorului.

Controlul temperaturilor local pe conducte și aparate se face cu termometre tehnice cu mercur, iar presiunea se măsoară local cu manometre tehnice. Pentru evitarea pătrunderii saramurii în tubul manometrului se introduce în tubul în formă de U ulei de transformator.

Controlul nivelului saramurii în rezervoare se face cu manometre diferențiale cu contact și plutitor.

Nivelul se măsoară în rezervoare cu metode piezometrice suflînd aer comprimat prin rotametru de sticlă care permite supravegherea suflării aerului.

Debitul de abur se controlează cu un debitmetru cu diafragmă și vase de condensare, care sînt amplasate la intrarea în clădire și care înregistrează în afară de debit și presiunea aburului pentru eventualele corecții.

Semnalizarea optică și acustică a nivelului maxim al rezervoarelor este de tipul cu sistem central de anulare a semnalului acustic și alimentată cu curent alternativ la 127 V.

Secția de electroliză este amplasată într-o încăpere cu mediu corosiv și cu pericol de explozie datorită prezenței hidrogenului. Camera aparatelor de măsurat și control unde este amplasat tabloul central este de tipul încăperilor cu mediu normal, fiind izolată de încăperea de producție, iar tablourile care se amplasează local la electroliză sau la preîncălzirea saramurii sînt de tip cofret etanș, avînd în interior o suprapresiune realizată prin suflarea aerului comprimat. La secțiile de purificare a saramurii și de comprimare a hidrogenului, mecanismele de acționare ale aparatelor sînt de tip orologerie.

Manometrele diferențiale și tuburile de legătură se protejează contra acțiunii clorului prin vase de separare umplute cu lichid special și prin suflare de aer comprimat prin rotametre în tuburile de legătură. Suflarea aerului comprimat trebuie să fie continuă și cu debit constant asigurat de rotametre.

Funcționarea normală a celulelor depinde de menținerea unei depresiuni constante a hidrogenului și clorului, care se realizează cu un regulator de tiraj care acționează o vană de reglare montată pe conducta de egalizare a presiunii la compresor.

Presiunea clorului în conducte de refulare spre consumator se reglează cu un regulator de presiune pneumatic. Se va prevedea semnalizarea optică și acustică a scăderii presiunii aerului comprimat sub 3 kgf/cm^2 la intrarea în clădire.

Temperatura de preîncălzire a saramurii se menține constantă folosind un regulator pneumatic de temperatură care acționează ventilul de reglare de pe conducta de abur.

Scanned with OKEN Scanner

Temperatura apei de spălare a clorului gazos se reglează prin adăugare de apă rece.

Temperatura hidrogenului la ieşirea din turnul de spălare se menţine constantă cu un regulator pneumatic de temperatură care acţionează ventilul de reglare de pe conducta de alimentare cu apă.

Nivelul în rezervoare se controlează cu manometre diferenţiale cu contact, care declanşează semnalizarea optică şi acustică şi conectează automat pompele la atingerea nivelului maxim şi le deconectează la nivelul minim. Conectarea şi deconectarea motoarelor electrice ale pompelor este însoţită de semnalizarea optică pe tabloul operatorului de la electroliză, fiindcă tabloul pe care sînt indicate nivelele în aparate nu este deservit de operator în mod permanent.

Se lasă posibilitatea trecerii comenzii motoarelor electrice ale pompelor de la comandă automată pe comandă manuală în cazul cînd s-au defectat aparatele de automatizare.

Comanda manuală se face după indicaţiile becurilor de semnalizare, care se montează ermetic, deoarece încăperea în care sînt montate pompele este umedă.

Schema de comandă automată a pompelor se realizează cu curent alternativ la 127 V folosind relee montate pe un tablou special în camera aparatelor de măsurat şi control.

Semnalizarea tehnologică se referă la următorii parametri:

— nivelul minim sau maxim în aparate;

— scăderea presiunii aerului comprimat la intrarea în secţie.

Semnalizarea se realizează cu o schemă în curent alternativ la tensiunea de 127 şi 12 V cu anularea centrală a semnalului acustic. Se recomandă dublarea semnalului acustic şi optic pentru nivelul în anumite aparate şi pentru presiunea aerului comprimat la intrarea în secţie.

Becurile de semnalizare a nivelului se montează în sala de electroliză şi în sala pompelor pentru comandă manuală.

Secţia de uscare a clorului se comandă local şi manual pe baza indicaţiilor aparatelor de măsurat şi control montate pe tablouri locale sau pe aparate şi conducte.

Temperatura aerului în camera de uscare se reglează automat cu regulatorul de temperatură care acţionează ventilul de pe conducta de abur de intrare în calorifer.

Debitul de abur, presiunea, vacuumul şi temperatura se controlează cu aparate tipizate montate local.

Nivelul acidului sulfuric se controlează cu un manometru diferenţial cu plutitor, suflînd aer comprimat în tubul de legătură printr-un rotametru de sticlă cu sifon.

Nivelul maxim şi minim în aparate se semnalizează optic cu emiţători de impuls sub formă de electrozi de oţel care au lungimi diferite de coborîre în aparat şi sînt izolaţi de capacul aparatului. Releele lucrează cu curent alternativ de 12 V, iar becurile de semnalizare cu 127 V, urmînd ca aparatura de semnalizare să fie executată etanş, deoarece se montează în

Scanned with OKEN Scanner

încăpere cu mediu corosiv în timp ce tablourile cu relee se montează în încăpere cu mediu normal.

Secția de concentrare a leșiilor de sodă caustică se comandă manual după indicațiile aparatelor de măsurat și control montate pe tablouri locale sau direct pe aparate și conducte.

În camera aparatelor de măsurat și control se montează tablourile potențiometrelor înregistratoare automate și aparatele de comandă ale compresorului de aer.

Reglarea automată a proceselor tehnologice se face cu regulatoare izodrome pneumatice, iar elementul de execuție este ventilul pneumatic cu membrană și caracteristică liniară.

Pentru asigurarea continuă cu aer comprimat se prevede un compresor și un rezervor care asigură o rezervă de aer pe circa o jumătate de oră.

Controlul temperaturilor leșiilor de sodă caustică se face cu termocupluri cromel-copel cuplate la potențiometre electronice cu înregistrare automată. Acest control al temperaturii permite indirect controlul concentrației leșiilor fiindcă la presiunea constantă punctul de fierbere a leșiilor depinde de concentrație.

Pentru economisirea apei de răcire la condensatoarele barometrice se menține temperatura acesteia constantă la 40°C cu ajutorul regulatoarelor pneumatice de temperatură care acționează asupra ventilelor de reglare montate pe conducta de intrare în condensatoarele barometrice.

Stabilitatea de funcționare a aparatelor de evaporare este influențată de menținerea constantă a presiunii la intrarea în corp și aceasta se realizează cu un regulator de presiune a aburului care comandă supapa pneumatică.

Controlul presiunii aburului secundar la evaporatoare se face pe baza indicațiilor manometrelor tehnice de pe platforma de comandă. Controlul vidului la intrarea în condensatoare se face cu vacuummetre înregistratoare.

Presiunile și vacuumul pe conducte se măsoară cu manometre montate pe conductele de hidroxid de sodiu și saramură și care au ca lichid tampon ulei de transformator pentru a preveni înfundarea instalației cu săruri.

Nivelul în rezervoarele de hidroxid de sodiu, saramură recirculată și condens se controlează cu manometre diferențiale cu plutitor, iar suflarea aerului comprimat în țeava de legătură și sifon se face prin rotametru de sticlă.

În aparatele cu agitator se verifică numai nivelul maxim. Debitul de abur se măsoară cu un manometru diferențial cu plutitor înregistrator automat. Debitul de apă intrată și de condensat ieșit din clădire se măsoară cu manometre diferențiale cu plutitor și înregistrare automată pe contor integrator.

Compresoarele de aer comprimat se comandă automat de manometre cu contacte electrice care conectează la presiunea de 2,5 kgf/cm^2 a aerului comprimat și deconectează la presiunea de 3,5 kgf/cm^2. La căderea pre-

siunii aerului în recipient sub 2 kgf/cm² se conectează compresorul de rezervă şi se emit semnale optice şi acustice pe tabloul local din sala compresoarelor.

Aparatele de măsurat şi control de pe tablouri şi supapele electromagnetice se alimentează sub tensiunea de 127 V.

Motoarele electrice care acţionează compresoarele se comandă automat de către manometrul cu contacte în ipoteza că se conectează compresorul fără sarcină şi la oprirea acestuia se scoate de sub presiune, cu ajutorul unei supape pneumatice normal deschise care comunică cu atmosfera. Pe conducta de aer comprimat folosit pentru comanda supapei cu membrană se montează o supapă electromagnetică conectată printr-un releu de temporizare. Temporizarea releului asigură conectarea supapei electromagnetice şi prin urmare producerea impulsului necesar închiderii supapei cu membrană la un interval de timp suficient pentru accelerarea motorului compresorului pînă la turaţia normală şi deci pornirea compresorului se face fără sarcină.

Trecerea de la comandă automată la comandă manuală se face cu comutatoare universale.

Releele de timp ce comandă circuitul magnetic al demaroarelor motoarelor electrice ale compresoarelor, releele intermediare şi releele de temporizare cu motor se montează pe panoul special al releelor de comandă.

Staţia de compresoare are semnalizare optică şi acustică pentru prevenirea depăşirii presiunii de 4 kgf/cm² sau a coborîrii presiunii sub 1,7 kgf/cm² şi această schemă asigură conectarea compresorului de rezervă.

Secţia de topire a sodei caustice are baterii de topire care sînt agregate cu funcţionare continuă. Arderea se face cu gaz metan de 8 100 kcal/m³ în două focare amplasate sub cazanul 2 şi 3 de topire. Comanda procesului de topire se realizează prin schimbarea direcţiei de circulaţie a gazelor arse şi prin deconectarea parţială a oalelor de topire sau a preîncălzitoarelor de aer şi gaz. Instalaţia este prevăzută cu clapete şi registre pe canalele de fum. Pentru asigurarea regimului dorit de temperatură la diferite oale sau pentru menţinerea în stare caldă a oalelor în cazul întreruperilor în proces s-a prevăzut în camera fiecărui cazan de topire un arzător de gaz funcţionînd cu aer rece.

Controlul tehnologic al topirii se face prin măsurarea temperaturii, presiunii, vidului şi debitelor.

Aparatele se montează pe tabloul termic al cuptorului.

Temperaturile se măsoară cu termocupluri, milivoltmetre indicatoare cu comutator electric şi eventual milivoltmetru cu înregistrare automată. Compensarea variaţiei temperaturii capetelor libere este obligatorie, iar armătura de protecţie a termocuplurilor se face din tablă de nichel de 2 mm grosime sudată autogen.

Suprapresiunile şi tirajul în canalele de gaze se măsoară cu micromanometre cu cupă şi tub înclinat.

Scanned with OKEN Scanner

Debitul de gaze naturale se măsoară cu diafragme și manometre diferențiale cu plutitor la care se înregistrează automat presiunea și debitul făcînd totodată și integrarea pe contor.

Se prevede reglarea automată a următorilor parametri ai bateriei de topire a sodei caustice:

— temperatura sodei caustice în oalele 2 și 3;
— presiunea gazelor arse în canalele de fum ale oalelor 2 și 3;
— presiunea gazului natural în colectorul secției;
— temperatura aerului la ieșirea din preîncălzitor.

Regimul termic al bateriei se conduce după patru scheme diferite:

I. Încălzirea a 9 oale cu preîncălzitoarele de aer și leșie conectate.
II. Încălzirea a 6 oale cu preîncălzitoarele de aer și leșie conectate.
III. Încălzirea a 7 oale cu preîncălzitoarele de aer și leșie deconectate.
IV. Încălzirea a 6 oale cu preîncălzitoarele de aer și leșie deconectate.

Sursele de căldură sînt cele două focare de sub oalele 2 și 3, de aceea reglarea automată a temperaturii sodei caustice se face pe baza impulsului de temperatură a sodei caustice în această oală și care va acționa ventilul de reglare montat pe conducta de alimentare cu gaze naturale a fiecărui focar.

Simultan trebuie să se cupleze mecanic registrul de laminare de pe canalul de fum al recirculației gazelor arse.

Reglarea lină a temperaturii sodei caustice se realizează prin reglare izodromă de către un potențiometru electronic.

Reglarea temperaturii aerului la ieșirea din preîncălzitorul de aer se face cu o schemă similară, impulsul fiind luat de la un termocuplu montat pe conducta de aer la ieșirea din preîncălzitor, iar registrul de reglare este montat pe canalul de fum al preîncălzitorului.

Reglarea presiunii gazelor arse în canalele de fum ale oalelor *2* și *3* se face cu regulatoare hidraulice cu jet montate în același dulap, cu instalația de pompare a uleiului.

Reglarea presiunii gazului natural se face cu regulator hidraulic cu jet. Această instalație are dispozitiv de siguranță care întrerupe alimentarea gazului în cazul căderii presiunii gazului și deconectează ventilatorul de recirculație întrerupînd simultan alimentarea cu aer cald. La căderea de presiune în conducta de gaze se închide contactul semnalizatorului căderii de presiune și contactele normal deschise ale releului vor alimenta lampa de semnalizare și sirena. Al treilea contact pune sub tensiune demarorul magnetic al mecanismului de închidere a clapetelor de gaze și aer cald întrerupînd circuitul magnetic al motorului electric al exhaustorului. La restabilirea presiunii în conducta de gaz se semnalizează acustic că se poate trece pe regim de lucru și se fixează de la comutator care preîncălzitor va fi de lucru și care de rezervă. Se conectează exhaustorul și abia atunci se deblochează clapetele etanșe de pe conductele de gaze și aer cald. Schema prevede semnalizarea optică a poziției clapetelor etanșe de pe conductele de gaz și aer și a exhaustorului.

Secția de clor lichid are un mediu corosiv și de aceea toate aparatele de măsurat și control sînt concentrate într-o cameră de comandă. Fac ex-

cepţie debitmetrele după care se face alimentarea condensatoarelor clorului gazos, care sînt de tipul debitmetrelor cu două tuburi şi se amplasează direct pe platforma de unde se comandă ventilele de clor.

Pentru a se evita pătrunderea clorului gazos în camera de comandă şi a proteja aparatele contra acţiunii clorului din conductele de racordare, se asigură o protecţie dublă prin folosirea lichidelor de separare şi o protecţie suplimentară prin suflarea aerului comprimat în tuburile de impuls.

Lichidul de separare recomandat este clorexul la debitmetrele cu vase de separare şi petrol cu acid sulfuric, la tuburile manometrice în formă de buclă.

Rezervoarele de clor sînt amplasate într-o clădire subterană, iar nivelul şi presiunea se indică pe tabloul de comandă cu ajutorul transmiţătoarelor electrice. Se foloseşte suflarea aerului comprimat în tablourile capsulate pentru protecţia contra mediului corosiv.

Temperatura în condensatoarele de clor se măsoară cu o punte automată folosind trei termometre cu rezistenţă de cupru. Temperatura saramurii în condensatoarele de clor se măsoară local cu termometre cu alcool datorită temperaturilor coborîte.

Nivelul în rezervoarele de clor şi vasele de măsurat se măsoară prin cîntărire folosind manometre de greutate sub reazemele rezervoarelor legate cu aparate secundare de tip manometru cu contact. Presiunea se supraveghează de asemenea cu manometre cu contact care semnalizează scăderea sau coborîrea presiunii în rezervor.

Presiunea constantă în vasul tampon de aer comprimat folosit la transvazarea clorului se supraveghează cu manometre cu contact care comandă automat compresoarele.

Evaporatoarele de clor au asigurată temperatura constantă cu ajutorul unui regulator cu acţiune directă care acţionează asupra alimentării aburului de încălzire.

Temperatura clorului evaporat, a aerului uscat şi a saramurii se măsoară cu o punte electronică cu trei puncte de măsurare.

Evidenţa debitului de clor gazos se ţine cu debitmetre diferenţiale cu plutitor şi diafragmă cu cameră. La toate debitele de abur şi apă se măsoară suplimentar presiunea statică şi se montează contoare.

Comanda automată a compresoarelor de aer comprimat necesar transvazării clorului acţionează cînd presiunea în vasul tampon scade sub 10 kgf/cm^2 sau creşte peste 12 kgf/cm^2.

Situaţia de conectare a motorului de acţionare se va semnaliza optic, iar dacă presiunea aerului în vasul tampon scade la 9,5 kgf/cm^2 se conectează automat compresorul de rezervă semnalizînd acest fapt acustic şi optic.

Impulsul se dă de un manometru cu contact, iar acţiunea este a demaroarelor magnetice a motoarelor electrice. Compresorul trebuie să fie conectat fără sarcină şi la oprire trebuie să se scoată compresorul de sub presiune, fapt care se realizează cu ajutorul supapei automate normal deschise cu membrană şi a supapei electromagnetice cu releu de tempori-

Scanned with OKEN Scanner

zare cu motor. Pornirea inițială a compresorului se face normal fiindcă lipsește aerul comprimat pentru comanda supapei cu membrană și trecerea la comandă automată se face după atingerea unei presiuni de 10 kgf/cm² în vasul tampon.

Toate releele se montează pe tabloul special din camera de comandă.

Releele de temporizare sînt de tipul cu motor fiindcă au cea mai mare rezistență la uzură (circa 100 000 de declanșări).

Schema de semnalizare optică și acustică se referă la următorii parametri:

— conectarea compresorului de rezervă;
— ridicarea presiunii aerului în vasul tampon la 12,3 kgf/cm²;
— scăderea presiunii aerului în vasul tampon sub 9 kgf/cm²;
— atingerea nivelelor maxime și minime în vasul de clor;
— presiunea maximă și minimă a clorului gazos.

Emițătoarele de impuls sînt aparate cu contacte electrice și fiind în număr mare este posibilă coincidența impulsurilor de la cîteva emițătoare și de aceea schema se prevede cu emitere centrală a semnalului acustic.

Lămpile de semnalizare ale schemei sînt montate pe un tablou în camera de comandă și observarea lor se poate face din încăperea de producție prin fereastra de sticlă din peretele ce desparte cele două camere. Sirena și butoanele schemei sînt de tip execuție ermetică și se montează în camera de producție unde mediul este corosiv.

Secția de clorură de var se comandă local manual pe baza indicațiilor aparatelor de măsurat și control montate pe tablouri locale sau pe aparate și conducte. Utilajul de bază este cloruratorul cu rafturi și raclete. În acest aparat se amestecă praful de var stins deplasîndu-se succesiv de la centru la margine și invers. Parametrul de bază al procesului de clorurare este temperatura clorurii de var de pe raft care însă nu se poate măsura și de aceea se preferă măsurarea temperaturii în spațiul de gaz de deasupra raftului *3, 4, 5, 6* și *7* și în plus temperatura clorurii de var din buncăre.

Ca aparat de măsurat se folosește termometrul cu rezistență, iar ca aparat de indicare logometrul staționar cu comutator pentru a deservi șase termometre cu rezistență.

Presiunea clorului gazos înainte de intrarea în camerele de clorurare se măsoară cu manometre de sticlă în formă de U umplute cu mercur și folosind pentru protecția contra acțiunii clorului asupra mercurului o mică cantitate de clorex.

Presiunea apei și a aerului se măsoară cu manometre tehnice, iar depresiunea gazelor reziduale cu micromanometre umplute cu apă.

Debitul de abur se măsoară cu manometrul diferențial cu plutitor care permite înregistrarea simultană a presiunii.

Debitul de apă se măsoară cu manometrul diferențial cu plutitor avînd înregistrare automată integratoare pe contor.

Debitul de clor gazos se măsoară cu manometrul diferențial cu plutitor care înregistrează simultan și presiunea. Acesta are vase separatoare de

protecţie umplute cu clorex în afară de suflarea aerului comprimat în ţevile de legătură ale aparatului.

Aparatele de măsurat şi control sînt alimentate cu 127 V cu excepţia logometrelor care necesită tensiunea de 4 V curent continuu şi care se obţine cu un redresor cu seleniu.

Secţia de monoclor-benzen este caracterizată prin existenţa pericolului de explozie şi de aceea pe tablourile locale se prevăd numai aparatele care nu necesită alimentare cu energie electrică. Celelalte aparate care necesită alimentare cu energie electrică se montează pe tablourile camerei de comandă unde nu există pericol de explozie.

Procesul tehnologic de fabricarea monoclor-benzenului cuprinde următoarele faze:

— pregătirea materiei prime;
— clorurarea;
— rectificarea lichidului clorurat;
— rectificarea monoclor-benzenului brut;
— distilarea fracţionată şi separarea policlorurilor.

Controlul parametrilor procesului tehnologic constă în măsurarea temperaturilor, presiunilor, debitelor şi nivelului.

Condiţiile tehnologice impun control local şi control de la distanţă.

Tecile de protecţie speciale asigură elementele sensibile contra acţiunii agresive a mediului, iar pentru protecţia interioară se montează vase separatoare cu lichid de protecţie.

Măsurarea nivelului se face prin metode piezometrice folosind ţevi de metal antiacid şi manometre diferenţiale indicatoare cu membrană.

Debitele se măsoară cu manometre diferenţiale indicatoare sau înregistratoare cu plutitor, avînd ca element primar diafragme cu cameră şi vase de separare.

La reglarea automată se controlează următorii parametri:

— presiunea clorului la intrarea în clorurator;
— debitul de benzen introdus în clorurator în funcţie de temperatura din clorurator;
— debitul de monoclor-benzen care intră în răcitorul gazelor reziduale în funcţie de temperatura apelor reziduale;
— debitul de abur ce se introduce în blaza de benzen în funcţie de temperatura în coloană la cota +1 m peste blază;
— debitul de reflux returnat în coloana de benzen în funcţie de temperatura vaporilor la partea superioară a coloanei;
— debitul de abur care se aduce în blaza coloanei de monoclor-benzen în funcţie de temperatura din coloană;
— debitul de apă ce se aduce în răcitor în funcţie de temperatura monoclor-benzenului la ieşire;
— debitul de saramură ce se aduce în răcitor în funcţie de temperatura monoclor-benzenului la ieşire;
— debitul de apă ce se aduce în coloanele de absorbţie în funcţie de temperatura din coloană.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul măririi temperaturii în clorurator se prevede întreruperea automată a alimentării cu clor cu ajutorul unui termometru cu contacte în trei poziţii, a unei clapete electromagnetice cu trei căi pentru comutarea conductelor pneumatice şi a clapetei cu membrană pentru întreruperea alimentării.

La depăşirea temperaturii în clorurator se emite un impuls care semnalizează optic şi acustic simultan cu acţionarea clapetei de alimentare. Această operaţie este semnalizată şi de sirena pneumatică din încăperea cloruratoarelor.

Reglarea automată a presiunii clorului se face cu un regulator pneumatic de presiune.

Debitele refluxului se comandă cu regulatoare pneumatice de temperatură acţionate de termometre manometrice.

Debitele de reflux şi simultan debitele de abur, apă şi saramură se comandă cu punţi electronice şi potenţiometre avînd dispozitive pneumatice de acţionare asupra ventilelor de reglare cu membrană.

În cazul scăderii temperaturii gazelor de evacuare la +5°C se întrerupe automat alimentarea cu saramură a răcitorului tubular cu ajutorul unui termometru manometric cu contact, a clapetei electromagnetice cu trei căi pentru comutarea liniilor de impuls şi un ventil cu membrană pentru întreruperea alimentării.

6.4. SCHEMA DE CONTROL ŞI REGLARE A FABRICĂRII ACIDULUI SULFURIC

Tehnologia acidului sulfuric cuprinde următoarele faze consecutive:

— obţinerea anhidridei sulfuroase prin prăjirea piritei în cuptoare mecanice sau în strat fluidizant;

— purificarea gazului de praf în filtrele electrice uscate;

— spălarea gazului pentru purificarea de impurităţi şi pentru răcirea gazului;

— uscarea gazului cu ajutorul acidului sulfuric concentrat în coloanele de uscare;

— oxidarea anhidridei sulfuroase pînă la obţinerea anhidridei sulfurice;

— absorbţia anhidridei sulfurice şi formarea acidului sulfuric;

— depozitarea şi păstrarea produselor finite.

Uzina chimică este formată din următoarele secţii:

a) depozitul de pirită;

b) secţia cuptoarelor de pirită şi a filtrelor electrice uscate;

c) secţia de spălare a gazelor;

d) secţia de uscare, absorbţie şi contact;

e) depozitul de acid.

Procesul de prăjire a piritei în cuptoarele mecanice decurge încet şi se caracterizează printr-o inerţie mare.

Scanned with OKEN Scanner

Pirita se aduce în cuptor în loturi mici cu ajutorul unui alimentator special pe bolta de uscare, apoi se trece de pe o vatră pe alta pentru încălzire, prăjire şi evacuare sub formă de cenuşă.

Eficacitatea funcţionării cuptorului de prăjire se verifică prin stabilirea conţinutului de sulf nears în cenuşă şi concentraţia anhidridei sulfuroase în gazele de cuptor.

Conţinutul de sulf în cenuşă caracterizează latura economică a funcţionării cuptoarelor şi influenţează direct preţul de cost al producţiei finite. Concentraţia anhidridei sulfuroase are influenţă asupra stabilităţii proceselor tehnologice ale secţiilor următoare. Ambii indici sînt determinaţi de regimul termic al procesului de ardere, calitatea piritei şi cantitatea de aer aspirat în cuptor pentru ardere.

Controlul direct al cantităţii de aer de combustie introdus în cuptor nu se poate realiza din motive constructive şi de aceea controlul se face indirect prin următorii parametri auxiliari:

— temperatura gazului la ieşirea din cuptor;
— temperatura aerului de răcirea axului şi racletelor;
— temperatura aerului la ieşirea din ax;
— temperatura cenuşii la ieşirea din cuptor.

Controlul intensităţii arderii pe fiecare vatră se face vizual după culoarea cenuşii, fiindcă instalarea termocuplelor pe fiecare boltă a cuptorului dă greutăţi constructive, iar determinarea exactă a temperaturii bolţii nu condiţionează regimul optim al arderii.

Controlul concentraţiei anhidridei sulfuroase în gazele de cuptor se face cu un analizor de gaz automat a gazului purificat parţial de praf şi răcit, ceea ce simplifică schema pregătirii gazului pentru analiză. Indicaţiile se transmit pe tabloul camerei de comandă.

Controlul conţinutului de sulf în cenuşă se face prin metoda analitică.

Controlul temperaturii gazelor la intrarea şi ieşirea din filtrele electrice uscate se face pentru a evita deformarea electrozilor.

Controlul vacuumului la ieşirea din cuptoare şi din filtrele electrice uscate se face pentru determinarea rezistenţei aparatelor şi a conductelor de gaz.

Controlul concentraţiei anhidridei sulfuroase în aerul de răcire care iese din axele cuptoarelor se face iarna cînd acest aer se utilizează parţial pentru încălzirea directă a aerului din instalaţia de alimentare cu aer de combustie. Cînd în aer se atinge concentraţia limită admisă a anhidridei sulfuroase, se opresc automat ventilatoarele de admisie şi se semnalizează optic şi acustic declanşarea. Se controlează temperatura aerului de admisie.

Cantitatea de pirită care se introduce în cuptor se determină cu ajutorul cîntarului automat cu bandă.

Automatizarea cuptorului pentru prăjirea piritei sub formă de praf s-a rezolvat de către UNIHIM (Institutul de cercetări pentru industria chimică din Ural) prin găsirea soluţiilor la următoarele probleme:

— menţinerea constantă a compoziţiei gazelor la ieşirea din cuptor — pe baza analizei gazelor;

Scanned with OKEN Scanner

— reglarea alimentării cu materie primă a cuptorului;
— pregătirea materiei prime;
— stabilizarea alimentării cuptorului cu aer primar și secundar.

Regimul tehnologic de fabricare a acidului sulfuric este stabil și instalația are tendința de autostabilizare.

Factorul principal este conținutul în bioxid de sulf, cantitatea și temperatura gazului. Este de dorit să se mențină un volum constant al amestecului gazos și o concentrație stabilă a bioxidului de sulf în acest amestec.

Conținutul în sulf și umiditate a materiei prime variază mult și de aceea se produc fluctuații mari și bruște ale concentrației de bioxid de carbon.

Automatizarea cuptorului de ardere a piritei în stare de pulbere este îngreunată din cauza lipsei unui alimentator stabil de pirită și mai ales din cauza întîrzierilor în funcționarea aparatelor analizoare de bioxid de sulf care funcționează defectuos cînd gazele conțin praf.

Comanda operativă a procesului la fabricile existente de acid sulfuric se face pe baza controlului chimic de laborator care este precis, dar durează mult și de aceea nu asigură înlăturarea la timp a perturbărilor și dereglărilor de lungă durată.

Schemele tipizate ale fabricilor de acid sulfuric sînt utilizate cu multe aparate de control automat, dar cu puține elemente de reglare automată.

Volumul gazelor care trece prin turbocompresor se reglează cu ajutorul unui regulator de debit, care după ce măsoară acest parametru acționează asupra ventilului de refulare a utilajului.

Concentrația gazelor la cuptoarele cu arderea piritei în pulbere se menține constantă, actionînd asupra cantității de pirită care se introduce în cuptor, fiindcă arderea are loc foarte rapid și influențează imediat concentrația gazelor.

Micșorarea cantității de sulf în materia primă este compensată de asemenea prin mărirea cantității de materie primă încărcată în cuptor.

Pentru analiza continuă a gazelor se folosesc în industria acidului sulfuric analizoare de gaze bazate pe absorbția radiațiilor infraroșii.

Cele mai utiliziate scheme sînt indicate în figurile 6.8 și 6.9.

Procesul de spălare se realizează prin spălarea gazului de cuptor în turnuri și separarea de impurități nocive și resturi de praf pe filtre electrice umede. Simultan se produce răcirea gazelor. Purificarea gazului se face în două faze: purificarea grosieră prin spălarea gazului cu acid, umectarea gazului înainte de intrarea în al doilea filtru electric și purificarea fină cu două filtre electrice umede legate în serie. Eficacitatea purificării gazelor depinde de menținerea regimului termic a gazului care se trece la purificare și de aceea se controlează temperatura gazului înainte de intrarea în fiecare aparat și temperatura acizilor folosiți pentru stropire. Procesele de purificare și răcire se caracterizează prin stabilitate mare, nu cer reglare continuă și deci nu este rațională o automatizare.

Scanned with OKEN Scanner

Parametrii controlaţi la secţia de purificare sînt următorii:

— concentraţia acidului pentru prima stropire în turn înainte de trimiterea la depozit;

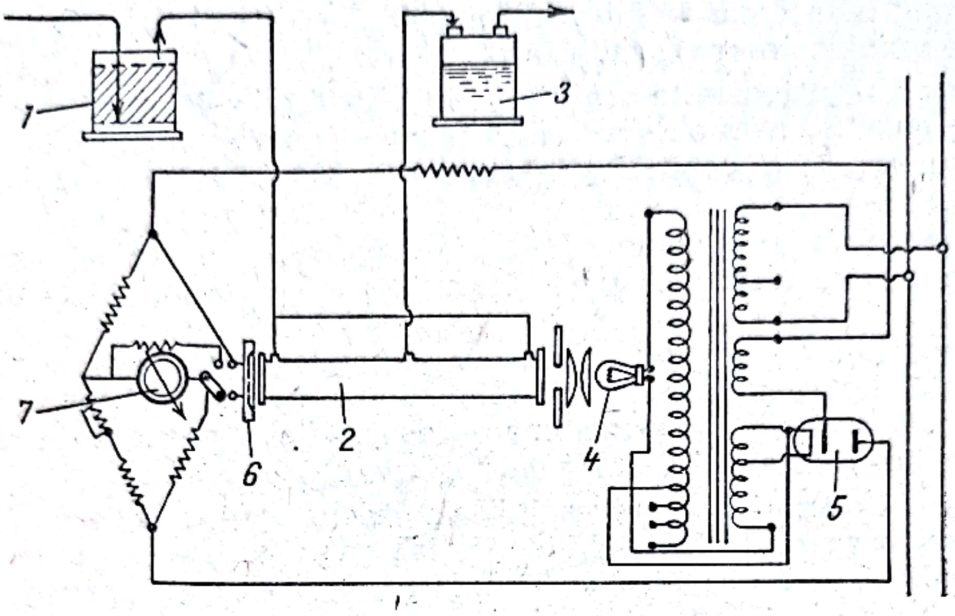


Fig. 6.8. Analizor automat cu raze infraroşii şi o singură celulă fotoelectrică:

1 — vas spălător; *2* — tub analizor; *3* — vas de separare; *4* — sursă de raze infraroşii; *5* — schema de alimentare a filamentului; *6* — celulă fotoelectrică; *7* — punte de măsurare.

— nivelul acidului în vasele colectoare de circulaţie;

— vacuumul la intrarea în fiecare aparat pentru determinarea rezistenţei sistemului;

— semnalizarea nivelului maxim în vasele colectoare de circulaţie.

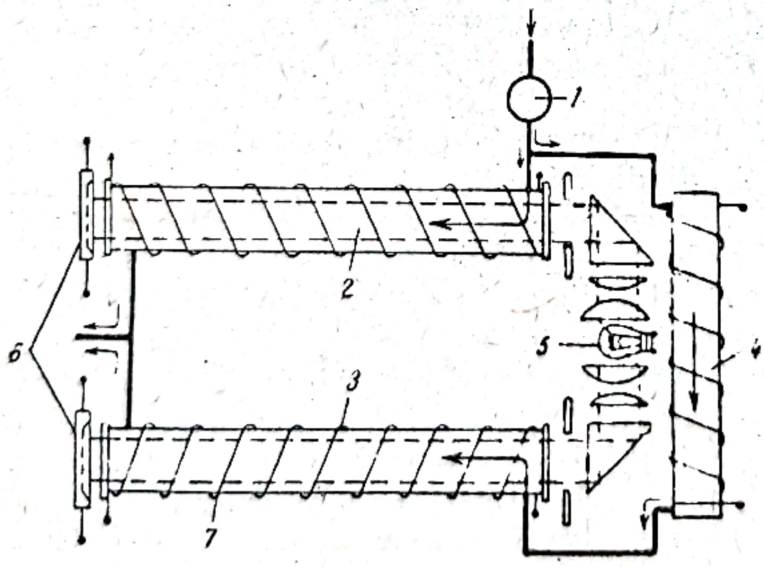


Fig. 6.9. Analizor automat de gaz cu raze infraroşii cu două celule fotoelectrice:

1 — vas spălător; *2* — tub analizor primar; *3* — tub analizor secundar; *4* — tub de preîncălzire; *5* — sursă de raze infraroşii; *6* — celule fotoelectrice; *7* — instalaţii de preîncălzire electrică a tuburilor analizoare.

Munca personalului de deservire este uşurată prin folosirea telecomenzii ventilelor pe conductele de transvazare între aparate cu excepţia conductei de trecere a acidului în depozit unde cantitatea mică permite pomparea acidului o dată pe schimb.

Procesul de uscare şi absorbţie realizează uscarea gazelor, diluarea acidului, absorbţia anhidridei sulfurice şi concentrarea

acidului. Aceste procese diferite au legături reciproce strînse care condiționează soluționarea complexă a problemelor de control și comandă. Parametri directori ai proceselor de uscare și absorbție sînt gradul de uscare a gazului în turnuri și procesul de absorbție a anhidridei sulfurice. Acești parametri se mențin prin păstrarea constantă a concentrației acizilor de stropire. Aceste cantități trebuie riguros controlate.

Pierderile în proces rezultă din evacuarea în aer a anhidridei sulfurice neabsorbite în absorberul de monohidrat. Coeficientul de absorbire maxim îl are acidul sulfuric de 98% și concentrația trebuie menținută în limite strînse.

Reglarea automată a concentrației acidului de stropire a absorberului de monohidrat se face acționînd asupra cantității de apă care se aduce în vasul colector al absorberului de monohidrat pentru diluare. În afară de comanda operativă a procesului se vor controla următorii parametri:

— regimul termic al fazelor gazoase și lichide care influențează procesul de uscare și absorbție;

— nivelul acidului în vasele colectoare de circulație;

— presiunea și vacuumul în sistemul de gaze.

Se utilizează semnalizarea următoarelor valori limită și de avarie:

— nivelul maxim în vasele colectoare;

— aciditatea apelor evacuate de la răcitoarele de stropire, pentru constatarea avariilor.

Se utilizează telecomanda ventilelor de transvazare între aparate cu excepția conductei de trimitere a acidului la depozit.

Procesul de contact este condiționat de regimul termic și de concentrația anhidridei sulfuroase, iar stabilizarea acestor parametri directori se realizează reglînd automat temperatura și concentrarea gazului la intrarea în soba de contact.

Reglarea temperaturii gazului se realizează prin diluarea gazului cald cu gaz rece, după trecerea prin schimbătoarele de căldură exterioare și interioare care au asigurat o temperatură mai înaltă decît cea necesară.

Reglarea concentrației bioxidului de sulf se realizează prin diluarea lui cu aer înainte de intrarea în turnul de uscare.

În afară de comanda operativă a procesului se vor controla următorii parametri:

— temperatura gazului după fiecare schimbător de căldură;

— temperatura gazului după fiecare strat de masă de contact;

— debitul de gaz ce se aduce la fiecare aparat de contact;

— presiunea gazului în diferite puncte ale sistemului de contact;

La compresoare se măsoară presiunea gazului înainte și după turbocompresor și temperatura lagărelor.

Procesul obținerii acidului sulfuric chimic pur se compune din următoarele operații:

— obținerea din oleum a trioxidului de sulf 100%;

— obținerea apei distilate;

— absorbția trioxidului de sulf în apa distilată.

Scanned with OKEN Scanner

Conducerea normală a procesului tehnologic se bazează pe controlul următorilor parametri:

— regimul termic la absorbție;
— concentrația acidului obținut;
— temperatura apei de încălzire a canalelor de gaze pentru evitarea cristalizării trioxidului de sulf.

La aparatul de distilare a trioxidului de sulf din oleum se prevede reglarea automată a temperaturii prin conectarea și deconectarea elementelor electrice de încălzire.

Procesul de depozitare a acizilor constă în păstrarea acidului și oleumului, precum și în amestecarea acidului de spălare cu oleum în vederea obținerii acidului standard.

Conducerea normală a procesului de amestecare necesită controlul următorilor parametri:

— concentrația acidului obținut;
— temperatura acidului după ieșirea din vasul de amestecare;
— nivelul acidului în vasul colector;
— semnalizarea pătrunderii acidului sulfuric în apele evacuate de la instalația de amestecare;
— nivelul acidului și oleumului în rezervoarele de păstrare;
— temperatura oleumului după ieșirea din preîncălzitor;
— vacuumul lîngă pompa de vid.

Pentru a evita deversarea vaselor de recepție a acidului sulfuric trimis altor secții s-a prevăzut oprirea automată a pompei de depozit în momentul umplerii vaselor, însoțită de semnalizare optică.

Controlul temperaturii se realizează cu ajutorul următoarelor aparate:

— termometre cu rezistență și logometre indicatoare sau punți electronice cu înregistrare automată;
— termocuple cu milivoltmetre indicatoare sau potențiometre electronice înregistratoare automate;
— termometre cu mercur.

Alegerea se face în funcție de parametrul măsurat și felul indicațiilor cerute.

Controlul presiunii și vacuumului, se realizează cu următoarele aparate:

— indicatoare de tiraj cu lichid;
— micrometre cu tub înclinat;
— manometre cu cupă.

Controlul nivelului se face prin metoda piezometrică avînd ca element sensibil un tub piezometric de presiune scufundat în vasul colector, iar ca aparat secundar un manometru cu cupă sau un manometru diferențial cu plutitor de tip indicator înregistrator sau transmițător la distanță. Controlul aducerii aerului în conductele de impuls ale indicatoarelor de nivel se face cu pahare de control.

Scanned with OKEN Scanner

Controlul debitelor de gaz se face prin măsurarea căderii de presiune pe diafragmă, măsurată cu manometrul diferențial cu plutitor și transmiterea prin inducție a indicațiilor la un aparat inregistrator secundar.

Controlul concentrației gazelor se face cu analizoare de gaz electrice sau cu analizoare electrochimice.

Controlul concentrației soluțiilor se realizează cu celule conductometrice cuplate cu punți electronice echilibrate indicatoare și înregistratoare.

Măsurarea concentrației soluției se face cu areometre.

Controlul *p*H-ului se face cu aparate automate de indicare.

Regulatorul de temperatură a gazelor se bazează pe diluarea cu gaz rece a gazului cald și utilizează ca aparat un potențiometru electronic standardizat cu dispozitiv pneumatic de reglare și avînd drept element sensibil un termocuplu cromel-alumel. Termocuplurile standardizate înrăutățesc funcționarea regulatoarelor producînd întîrzieri mari, dar totuși se pot folosi ca elemente primare ale regulatoarelor. Dispozitivul de execuție este ventilul cu membrană de tip registru pivotant. Pentru ușurarea pornirii și trecerea la manipulare manuală se utilizează un egalizator de presiune.

Regulatorul de concentrație a gazelor se bazează pe diluarea gazelor concentrate cu aer și se compune din următoarele părți: regulatorul propriu-zis, mecanismul de execuție, registrul pivotant, dispozitivul de telecomandă manuală și indicatorul poziției registrului de laminare.

Regulatorul de concentrație se bazează pe măsurarea indirectă a concentrației bioxidului de sulf după temperatura gazului după primul strat al masei de contact. Regulatoarele sînt de tip potențiometre electronice standardizate cu dispozitive pneumatice de reglare.

Regulatorul direct al concentrației reacționează la creșterea concentrației bioxidului de sulf prin deplasarea acului milivoltmetrului, conectînd contactul cu mercur și deci demarorul magnetic al mecanismului de execuție: Se conectează totodată și reostatul legăturii inverse izodrome care încălzește un termocuplu diferențial. Forța electromotoare a termocuplului acționează în opoziție cu forța electromotoare a analizatorului de gaze aducînd din nou acul indicatorului în zona de insensibilitate. Mișcarea vanei și încălzirea izodromului se întrerup, fapt care duce la răcirea uleiului din izodrom și deci la micșorarea forței electromotoare. Acul deviază în sens contrar și ciclul se repetă pînă se obține valoarea prescrisă la concentrația gazelor.

Regulatorul concentrației soluțiilor se bazează pe diluarea acizilor cu apă avînd ca element sensibil un concentrometru și un aparat secundar, punte electronică indicatoare și înregistratoare, prevăzută cu dispozitiv pneumatic de reglare. Organul de execuție este o clapetă de reglare din fontă cu transmisie pneumatică, a cărui diametru convențional se determină cu relația

$$D = \frac{V}{19{,}8} \cdot \frac{\gamma}{h} \qquad (5.41)$$

în care:

D este diametrul convenţional al clapetei, în mm;
V — debitul maxim de lichid luat din bilanţul de materiale şi majorat cu 15—20%, în m^3/m;
γ — greutatea specifică a fluidului, în kgf/m^3;
h — căderea de presiune în ventil, în kgf/cm^2.

Pentru uşurarea pornirii regulatorului şi pentru trecerea la comanda manuală se utilizează un egalizator de presiune.

Regulatorul de temperatură al soluţiei se bazează pe reglarea poziţională, folosind puntea electronică cu contacte electrice care conectează sau deconectează elementele de încălzire. Elementul sensibil este termometrul cu rezistenţă standardizat.

Logometrele şi analizoarele de gaz se alimentează de la redresoare de mică putere. Semnalizatoarele de nivel au tablouri de alimentare individuale.

Aerul comprimat pentru alimentarea regulatoarelor pneumatice, a sistemelor de comandă de la distanţă şi a măsurătorilor de nivel piezometric se obţine de la compresoare cu rezervor tampon şi dispozitive pentru purificarea şi uscarea aerului cu silicagel sau clorură de calciu.

Pentru protecţia aparatelor primare şi secundare de măsurat şi reglat de acţiunea mediilor corozive se recomandă folosirea următoarelor materiale:

— oţel aliat H27	— bioxid de sulf cald
— plumb	— bioxid de sulf umed
— plumb	— acid sulfuric diluat
— fontă	— acid sulfuric concentrat
— policlorură de vinil	— acid sulfuric diluat
— oţel	— oleum

Pentru protecţia manometrelor diferenţiale ale debitmetrelor de bioxid de sulf se suflă continuu aer curat prin liniile de impuls reglînd debitul de aer de purjare cu ajutorul rotametrelor.

Pentru protejarea aparatelor secundare se prevede o ventilaţie cu aer proaspăt a încăperilor speciale.

Toate piesele metalice izolate care nu se găsesc sub tensiune se leagă la reţeaua de punere la pământ.

Cablurile şi conductorii se protejează cu ţevi de oţel contra eventualelor defecţiuni mecanice.

6.5. SCHEMA DE CONTROL ŞI REGLARE A INDUSTRIEI DE SUPERFOSFAT

Tehnologia de fabricare a superfosfatului se bazează pe următoarele faze succesive:

— diluarea acidului sulfuric de 76%;
— amestecarea acidului diluat cu concentrat de apatită;

Scanned with OKEN Scanner

— descărcarea superfosfatului din camera de reacție;
— neutralizarea superfosfatului cu calcar;
— granularea superfosfatului neutralizat;
— uscarea granulelor în tambur rotativ;
— cernerea superfosfatului granulat uscat;
— transportul produselor la depozit;
— aspirarea gazelor degajate la reacție;
— obținerea acidului fluosilicilic prin absorbție;
— obținerea fluosilicatului de sodiu;
— centrifugarea, uscarea și depozitarea produsului finit.

Procesul de descompunere a concentratului de apatită este caracterizat prin următorii parametri:

— concentrația și temperatura acidului sulfuric;
— menținerea proporțiilor gravimetrice între cantitatea de concentrat de apatită și acidul sulfuric diluat;
— omogenitatea amestecului și intensitatea amestecării concentratului de apatită și acid;
— menținerea unei temperaturi constante a masei din amestecător;
— asigurarea întreruperii automate a aducerii reactivilor în cazul unei perturbări a procesului și blocarea mecanismelor legate de funcționarea camerelor;
— controlarea temperaturii și vacuumului în instalația de absorbție și stabilirea densității de stropire a turnurilor de absorbție și spălare;
— controlul parametrilor de gospodărire chibzuită.

Îndeplinirea condițiilor de mai sus se realizează în modul următor:

1. Menținerea concentrației acidului sulfuric diluat prin reglarea cantității de apă adăugată în amestecător.

2. Menținerea proporției gravimetrice între concentratul de apatită și acidul sulfuric diluat prin stabilirea independentă a cantităților de materiale amestecate. Apatita se introduce cu un dozator gravimetric, iar acidul sulfuric se măsoară continuu și se dozează cu un regulator de debit.

3. Temperatura constantă a masei se menține reglînd temperatura acidului diluat prin acțiunea asupra debitului de abur utilizat la încălzire.

4. Întreruperea automată a alimentării cu reactivi în cazul perturbării procesului, inclusiv semnalizarea și blocarea, se face cu ventil electromagnetic de întrerupere.

5. Controlul parametrilor caracteristici procesului sau necesari punerii la punct a reglării automate se face cu aparate indicatoare și înregistratoare.

Acidul sulfuric diluat se obține din amestecarea acidului 74—76% cu apă. Măsurătorul de concentrație compară continuu greutățile specifice ale acidului obținut cu acidul etalon de concentrație apropiată de nevoile procesului tehnologic. Rezultatul comparației se înregistrează cu un manometru diferențial sub formă de cădere de presiune în tuburile piezometrice. Căderea de presiune caracterizează valoarea abaterii greutății specifice a acidului și manometrul diferențial transformă mărimea în impuls electric pentru regulatorul de concentrație.

Scanned with OKEN Scanner

În regulator impulsul electric obținut de manometrul diferențial se amplifică și se transformă în impuls pneumatic de comandă care acționează asupra membranei ventilului de pe conducta de alimentare cu apă.

Regulatorul concentrației de acid are mecanism izodrom care se reglează în funcție de condițiile reale de întîrziere.

Cantitatea de apatită se dozează gravimetric pe bandă, iar cantitatea corespunzătoare de acid diluat se menține de către regulatorul de debit format din debitmetre cu fantă care dă impuls datorită presiunii de transvazare prin fantă.

Această presiune se măsoară cu un manometru diferențial care emite impulsul electric ce se amplifică și se transformă în impuls pneumatic de comandă a supapei montate pe conducta de acid.

Temperatura masei care trece din amestecător în cameră depinde de temperatura și cantitatea de concentrat, temperatura și cantitatea de acid, temperatura reacției de amestecare și pierderile de căldură în mediul înconjurător. Factorii care depind de condițiile meteorologice nu pot fi reglați, iar singurul factor care influențează procesul și care poate fi reglat este temperatura acidului diluat. Această temperatură se măsoară după diluare cu un termometru cu rezistență și impulsul pneumatic de comandă se transmite supapei de reglare a debitului de abur ce trece prin serpentina de încălzire a acidului din rezervor.

Mecanizarea unei secții de superfosfat cu acțiune continuă impune folosirea următoarelor agregate:

— instalația pentru transportul concentratului de apatită de la depozit la cameră;
— aparatura de preparare și dozare a reactivilor;
— mecanismul de amestecarea reactivilor și descărcarea masei;
— dispozitivul pentru mecanizarea camerei de reacție;
— instalația pentru transportul superfosfatului brut pînă la depozit.

Mecanismele cu acționare electrică individuală sînt prevăzute cu sistem de blocare, iar aparatele și mecanismele sînt reunite într-un sistem unic de comandă, semnalizare și blocare, care asigură următoarele operații:

— amestecarea reactivilor;
— dozarea gravimetrică a reactivilor;
— reglarea cantității, concentrației și temperaturii;
— semnalizarea nivelului în rezervoare;
— semnalizarea prezenței materialului în buncărul cîntarului de dozare;
— semnalizarea prezenței aerului în conducta de aer comprimat;
— semnalizarea funcționării agitatorului amestecătorului;
— semnalizarea funcționării caruselului și camerei;
— semnalizarea funcționării transportorului din cameră.

Reglarea automată a concentrației acizilor se bazează pe menținerea automată a temperaturii apei și acidului, precum și a amestecului de acid și apă.

Se controlează concentrația amestecului de acid și apă, debitul de amestec, presiunea și nivelul lichidului în rezervoare.

Scanned with OKEN Scanner

Schema de automatizare se bazează pe aparate de control și reglare standardizate, precum și pe aparate speciale care asigură un raport constant între componentul activ și cel pasiv care se trimit în amestecător.

În instalațiile industriale se utilizează următoarele aparate de semnalizare și blocare:

— semnalizarea umplerii sifonului cu acid sulfuric;

— semnalizarea scurgerii acidului sulfuric și a apei de diluare;

— întreruperea alimentării cu acid sulfuric atunci cînd se întrerupe intrarea apei.

Aparatele de măsurat, control și reglare recomandate au următoarele caracteristici tehnice:

1. Aparatul de măsurarea concentrației acidului sulfuric:

— limita de măsurare a concentrației . . . . . 64—70%
— precizia măsurării . . . . . ±0,1%
— temperatura acidului . . . . . 50—70°C

2. Aparatul de măsurarea debitului de acid sulfuric diluat:

— concentrația acidului . . . . . 68—70%
— temperatura acidului . . . . . 50—70°
— debitul . . . . . 4—15 t/h
— precizia măsurării . . . . . ±1,0%

3. Precizia regulatoarelor de concentrație ±0,2%, iar a regulatoarelor de debit ±1,0%.

Principiul de bază al aparatelor de măsurare automată a concentrației acidului sulfuric este variația conductibilității electrice în funcție de concentrație.

În schemă se folosește o punte de curent alternativ cu un redresor de curent sensibil la fază care permite utilizarea drept aparate indicatoare ale galvanometrelor standardizate în controlul termic. Compensarea automată a temperaturii se face folosind pe cele două brațe ale punții două celule dintre care una este plină cu acid sulfuric standardizat, iar prin a doua circulă acidul a cărui concentrație se măsoară. Celula umplută cu acid standardizat este scăldată la exterior de acidul care se controlează așa că ambele celule au aceeași temperatură.

Elementele de blocare prevăd independența diferitelor mecanisme și aparate (amestecător, dozator, ventil de reglare, semnalizatoare de nivel și presiune), pentru a fi asigurată pornirea și funcționarea normală a întregului sistem.

Sistemul de comandă permite pornirea sistemului de automatizare numai după conectarea mecanismelor de deservire, iar ordinea de succesiune este următoarea:

— conectarea funcționării compresorului de aer comprimat care alimentează aparatele de control și reglare;

— conectarea sistemului de alimentare cu energie electrică a aparatelor de control;

— alimentarea cu apă a rezervorului de presiune;

— conectarea pompei de alimentare cu acid a rezervorului;

— conectarea mecanismelor instalației;
— se trece reglarea temperaturii acidului pe telecomandă pînă se realizează temperatura dorită;
— se conectează sistemul de automatizare;
— se trece încălzirea acidului de la telecomandă la reglare automată.

Deconectarea sistemului de automatizare se face în următoarea ordine de succesiune:
— decuplarea dozatorului;
— întreruperea aducerii concentratului de apatită;
— întreruperea aducerii aerului la supapele regulatoarelor de temperatură, cantitate și concentrație;
— întreruperea aducerii acidului sulfuric la amestecător.

Se întrerupe aducerea reactivilor la amestecător în următoarele cazuri:
— s-a oprit dozatorul de apatită;
— a scăzut nivelul sub cota prescrisă la rezervorul de presiune;
— s-a întrerupt aducerea materialului pe banda dozatorului;
— s-a întrerupt alimentarea cu aer comprimat a regulatoarelor;
— a scăzut presiunea aerului comprimat în conducta principală sub 1,2 kgf/cm^2.

Controlul tehnologiei se face prin măsurarea următorilor parametri:
— nivelul acidului în rezervoarele cu indicator piezoelectric;
— temperatura acidului cu termometre cu rezistență;
— debitul de abur cu debitmetru înregistrator cu plutitor și cu integrator;
— debitul de apă cu apometru.

Sînt necesare semnalizările următorilor parametri comuni ai secțiilor:
— nivelul maxim al acidului în rezervoare cu semnalizator cu contacte de grafit care vin în contact cu acidul;
— presiunea aerului comprimat în conducta principală prin semnalizator manometru cu contacte, care la 2 kgf/cm^2 conectează lampa de semnalizare, iar la 1,2 kgf/cm^2 deconectează toată instalația.

Tabloul central este montat în camera de comandă și are panouri pentru aparate de control și reglare, pupitru pentru aparatura de control, carcasă pentru grupurile de relee și utilaj auxiliar, tablou pentru alimentare cu energie electrică.

Tabloul de alimentare cu aer a sistemului de automatizare este tip dulap, în care se montează manometrele diferențiale cu membrană, alimentarea cu aer a tuburilor piezometrice și filtrul de aer. Pentru protecția contra coroziunii gazelor se suflă incontinuu în tablou aer comprimat care asigură o suprapresiune de 2—3 mm col. apă, iar ușile se închid etanș cu garnituri de cauciuc. Ieșirile cablurilor se etanșează cu garnituri de cauciuc, iar conductele de impuls se leagă cu nipluri de reducere.

Cantitatea de aer comprimat insuflat în tablou pentru crearea suprapresiunii se reglează cu un ventil cu ac, iar controlul presiunii aerului se face pe peretele lateral cu ajutorul unui manometru cu tub înclinat transportabil.

Scanned with OKEN Scanner

Rețelele de comandă sînt făcute din conductori de cupru de secțiune 1,5 mm² protejați contra deteriorărilor mecanice cu țevi de gaz. Pentru aparatele electronice se utilizează cabluri și împletituri de ecranare.

Rețelele de impuls la regulatoare cu tuburi piezometrice sînt formate din țevi de cupru electrolitic cu diametru 10×1 mm, iar la aparatele de măsurat și control cu țevi de gaz de diametru $^1/_2$".

Procesul de granulare a superfosfatului se automatizează considerînd că are următoarele etape succesive:

— neutralizarea superfosfatului cu calcar uscat;
— granularea superfosfatului;
— uscarea granulelor în tambur de uscare rotativ;
— cernerea superfosfatului granulat uscat;
— transportarea produsului la depozit;
— captarea fluorurilor gazoase;
— obținerea acidului fluosilicic.

Controlul se extinde la următorii parametri:

— regimul de uscare a calcarului;
— temperatura de preîncălzire a păcurii;
— depresiunile și presiunile în sistem;
— semnalizarea temperaturilor maxime admisibile a gazelor la ieșirea din instalațiile de uscare;
— semnalizarea căderii de presiune a aerului;
— oprirea alimentării cu păcură la scăderea presiunii aerului.

Determinarea umidității se face prin dozarea superfosfatului care trece prin alimentator și controlarea cantității de apă care intră în granulator cu patru rotametre.

Regimul termic optim se controlează cu ajutorul următorilor parametri:

— temperatura gazelor de ardere în focar;
— temperatura produsului uscat la intrare și ieșire din tambur;
— temperatura păcurii în depozit.

Reglarea temperaturii gazelor de ardere se face cu ajutorul regulatorului de temperatură care modifică cantitatea de aer ce se aduce la injector, cu observația că termocuplul care este elementul sensibil al dispozitivului se montează în tamburul de uscare și nu pe canalul de gaze de la focar la tambur, unde se poate face simțită influența aspirației de aer fals.

Scanned with OKEN Scanner

7. MONTAREA APARATELOR DE MĂSURAT ŞI REGLARE

7.1. ORGANIZAREA LUCRĂRILOR DE MONTAJ

Organizarea lucrărilor de montaj reprezintă complexul de măsuri care asigură:

— deschiderea şantierului de montaj;
— asigurarea şantierului cu mîna de lucru şi materialele necesare;
— organizarea lucrărilor tehnologice de montaj a aparatelor;
— stabilirea măsurilor tehnico-organizatorice care asigură realizarea volumului de lucrări;
— organizarea atelierelor auxiliare care livrează prefabricatele şi subansamblurile de montaj;
— crearea magaziilor de utilaj, armături şi materiale;
— procurarea sculelor şi utilajelor de mică mecanizare;
— cazarea mîinii de lucru calificate şi necalificate;
— întocmirea graficului de coordonare a lucrărilor de construcţii şi montaj a instalaţiilor şi aparatelor de măsurat şi control.

Aceste măsuri se iau pe baza următoarelor scheme:

Schema de control şi automatizare a instalaţiei este aplicată pe schema procesului tehnologic al instalaţiei şi constituie principalul desen care arată numărul aparatelor montate cu indicarea legăturilor reciproce.

Desenul se execută cu folosirea semnelor convenţionale care indică parametrul măsurării şi tipul aparatului.

Pe baza acestei scheme se poate determina amplasamentul aparatelor de măsurat şi control şi deci coordonarea lor.

Schema electrică de prinicipiu indică modul de alimentare cu curent electric, semnalizarea, protecţia, autoblocările, şi se execută sub formă de schemă desfăşurată pentru a rezulta legarea schematică a diferitelor elemente de aparataj electrotehnic. Cu ajutorul schemelor electrice principale se stabileşte comutarea legăturilor electrice la tablourile cu aparate de măsurat, control şi reglare automată şi tablourile de alimentare. Pe baza acestui desen se verifică legăturile la încercările de probă.

Schema de montaj şi comutare a tablourilor este reprezentarea grafică a legăturilor prin conducte şi conductori a aparatelor, armăturilor şi dispozitivelor auxiliare de prindere şi deservire. Ele servesc pentru explicarea tuturor comutărilor ce se pot realiza de la tablou.

Desenele de execuţie ale tablourilor de control şi alimentare, inclusiv construcţia lor metalică de susţinere, legătură şi fixare, se folosesc pentru executarea în atelier a subansamblelor respective.

Desenele de trasare a conductelor şi conductorilor se aplică pe desenele care indică conturul utilajului tehnologic de bază şi amplasarea lui în secţia tehnologică respectivă. Pe aceste desene se trec conductele şi

Scanned with OKEN Scanner

conductorii sub formă de semne convenţionale fără scară, însă se dau cotele de referinţă a traseelor faţă de aparatajul tehnologic şi conductele lui. Aceste desene sînt documentul de bază al aşezării conductelor şi conductorilor în secţie şi au drept anexă o specificaţie tehnică care indică:

— destinaţia fiecărui conductor sau conductă;
— punctul iniţial şi final al legăturii realizate;
— lungimea desfăşurată a traseului.

Schemele de legătură a diferitelor aparate tipizate dau indicaţii asupra modului de cuplare a aparatului, pantele conductelor şi posibilitatea folosirii armăturilor de legătură standardizate.

Specificaţiile de utilaj şi materiale enumeră toate utilajele care se vor monta şi materialele principale folosite şi se execută pe baza schemei de control şi automatizare pe care o explicitează detailînd şi precizînd semnele convenţionale indicate în schemă.

Devizul este documentul de finanţare a lucrărilor executate şi trebuie să indice volumul real al lucrărilor exprimat în unităţi fizice şi sub formă valorică.

Verificarea documentaţiei tehnice începe cu memoriul tehnic care explică piesele desenate ale proiectului şi indică desenele diferitelor anexe conţinute în proiect.

Executantul trebuie să verifice documentaţia din următoarele puncte de vedere:

— existenţa tuturor datelor tehnice necesare efectuării lucrărilor de montaj;
— prevederi de materiale şi utilaje în conformitate cu STAS-urile şi normativele pentru acest gen de lucrări;
— regruparea specificaţiilor de materiale pe tipuri de subansamble care trebuie procurate sau confecţionate într-o anumită ordine;
— completarea specificaţiilor cu materialele auxiliare necesare şantierului;
— posibilitatea folosirii unei mecanizări la aceste lucrări;
— alegerea lucrărilor care condiţionează sau sînt condiţionate de alţi antreprenori de pe şantiere şi includerea lor în graficul de coordonare;
— stabilirea producţiei auxiliare pentru atelierele şantierului;
— enumerarea utilajului necesar şantierului şi atelierelor;
— calculul necesarului de mînă de lucru pe categorii şi calificări;
— stabilirea numărului de echipe şi calculul dotării cu scule.

După analiza documentaţiei se încheie cu beneficiarul şi proiectantul general un protocol privitor la acceptarea documentaţiei şi consemnarea propunerilor de modificări făcute.

Şantierul de montaj al aparatelor de măsurat, control şi reglare automată se amplasează în imediata apropiere a obiectivului industrial şi se compune din diferite ateliere şi birouri a căror suprafaţă şi dotare cu maşini-unelte depinde de volumul anual al lucrărilor de montaj şi se stabileşte prin proiectul de organizare a şantierului.

Tendinţa este să se execute în atelierele auxiliare toate lucrările ce se pot face în afara punctului de montaj; aceste lucrări trebuie să înceapă

chiar înainte de a se termina lucrările de construcții întrucît confecționarea în atelier este o operație de lungă durată. În acest scop se organizează un șantier de montaj al aparatelor de măsurat, unic pe tot complexul industrial și se înzestrează atelierele cu mașinile-unelte necesare, în funcție de volumul lucrărilor de investiții anuale.

Cînd volumul de lucrări de montaj este restrîns, se organizează puncte de lucru pe lîngă obiectul de montat. Volumul maxim de lucrări de montaj reprezintă camera de comandă unde gravitează și lucrările cele mai complicate și variate; de aceea de obicei aceasta se utilizează ca loc de lucru al brigăzii de montaj și se dotează cu sculele de lăcătușerie și cu instalațiile de conducte necesare. Brigada de montaj se compune din 6—8 muncitori, iar sectorul de montaj al aparatelor de măsurat și control este constituit de obicei din 25—30 muncitori, plus personalul tehnico-administrativ din schemă.

Brigăzile de montaj sînt complexe și încadrate de obicei cu muncitori care cunosc două profesiuni, de exemplu lăcătuș-sudor, lăcătuș-electrician etc. Numărul minim de șase persoane rezultă din necesitatea încărcării la maximum a fiecărui muncitor care trebuie să execute lucrări foarte diferite, de exemplu montarea conductelor și instalarea aparatajelor. Numărul muncitorilor auxiliari din brigada complexă depinde de volumul de lucrări ce revin brigăzii conform graficului de lucru al sectorului de montaj, care coordonează lucrările tuturor brigăzilor. Distribuirea lucrului în cadrul brigăzii se face de către maestru care are conducerea tehnică a lucrărilor în conformitate cu dispozițiile tehnice ale sectorului.

Lucrările izolate nu se încredințează brigăzilor, ci muncitorilor calificați conduși direct de tehnicienii sectorului pentru a se obține operativitatea și mobilitatea cerută de diversitatea lucrărilor de montaj.

Executanților li se distribuie lunar un grafic de montaj extras și coordonat cu graficul comun tuturor antreprizelor și care indică succesivitatea lucrărilor de bază și a lucrărilor din ateliere pentru obținerea prefabricatelor sau a subansamblelor. Conducerea tehnică a sectorului de montaj trebuie să verifice periodic respectarea termenelor din grafic, să se ia măsurile tehnico-organizatorice necesare asigurării respectării termenelor.

7.2. SUCCESIUNEA LUCRĂRILOR DE MONTAJ

Lucrările de montaj se execută în următoarea succesiune:

— confecționarea tablourilor de control și alimentare din camera de comandă;

— confecționarea tablourilor locale și a dulapurilor de aparate;

— confecționarea distribuitoarelor de fluide și a tablourilor electrice;

— montarea tablourilor de control și alimentare din camera de comandă;

— recepția aparatajului de măsurat, control și reglaj automat;

— vopsirea tablourilor de control și alimentare din camera de comandă;

Scanned with OKEN Scanner

— instalarea aparatelor și regulatoarelor pe tablouri;
— executarea legăturilor între aparatele de pe tablouri;
— instalarea elementelor de măsurare primare;
— montarea elementelor de transmitere intermediare;
— confecționarea elementelor de susținere;
— întinderea conductelor;
— pozarea cablurilor electrice;
— cuplarea aparatelor și a regulatoarelor pe traseele de conducte și conductori;
— vopsirea ansamblurilor în culorile convenționale;
— lucrările de încercare și probele de casă;
— predarea obiectului montat.

În multe cazuri se practică executarea simultană a unora din lucrările de mai sus. Trebuie acordată o mare atenție la operația de recepționare a utilajului, deoarece după recepție unitatea de montaj răspunde material de starea lor. Recepționarea utilajului se face prin control tehnic și verificări și anume:

a) controlul exterior pentru stabilirea stării exterioare a utilajului și constatarea situației după transport;

b) compararea parametrilor tehnici ai utilajului (scală, eroare, dimensiuni, materiale de construcție etc.) prin comparație cu prevederile din specificațiile tehnice ale proiectului;

c) controlul de inventar al utilajului care trebuie să stabilească existența tuturor accesoriilor ce au fost livrate de uzinele furnizoare;

d) verificarea prin măsurători a parametrului ce trebuie să fie măsurat cu aparatul respectiv pentru a fi util în cadrul controlului tehnologic chimic respectiv.

Rezultatele controlului se trec în protocolul de recepție a utilajului care are drept anexe documentația tehnică (pașapoarte, instrucțiuni, certificate, numărul de inventar și mențiuni speciale).

Lucrările de montaj se încep în camerele de comandă după terminarea lucrărilor de construcții și finisaj și acestea servesc ca loc de lucru și depozit intermediar.

După terminarea lucrărilor de montaj a tablourilor se instalează aparatele și regulatoarele pe tablouri, pe măsură ce sînt necesitate de montajul utilajului tehnologic. Se va urmări montarea simultană a utilajului tehnologic și a aparatelor de măsurat primare, întrucît este posibil ca ulterior să nu se mai poată monta deoarece ele se supun la probe concomitent cu aparatul sau conducta pe care s-au montat.

Cînd se constată că nu se indică detaliat modul de montare a elementelor primare se încheie în scris un acord între executant și proiectant.

Pentru lucrările ascunse ce nu se mai pot verifica la recepția definitivă se întocmesc procese verbale care să confirme executarea în bune condiții a lucrărilor de montaj.

Instalarea conductelor și conductorilor se face începînd de la camera de comandă ca o prelungire a traseelor de comutare a tablourilor.

Scanned with OKEN Scanner

Sînt multe cazuri cînd trebuie definitivate traseele propuse de proiectant în funcție de situația locală și atunci se încheie acte care precizează poziția și mijlocul de prindere a conductelor și conductorilor. Aceste soluții ale nodurilor de conducte se coordonează cu ansamblul tuturor conductelor pentru a se realiza un tot unitar.

Ramificațiile din conductele principale se fac pe măsură ce este gata montat aparatul pentru care este prevăzută ramificația respectivă. După terminarea montajului conductelor pe o porțiune suficient de mare se încep probele parțiale și se trece la lucrările de vopsire fără a aștepta terminarea complexului de lucrări.

Aparatele și regulatoarele de pe tablourile locale se instalează după montarea conductelor de legătură pentru a nu se risca deteriorarea prin lovituri sau vibrații puternice produse în timpul lucrărilor de montaj. Montarea dispozitivelor de execuție se face după ce s-au terminat operațiile de verificare a conductelor tehnologice. Fixarea conductorilor electrici și de compensație se face după finisarea conductelor instalate. După terminarea tuturor lucrărilor de montaj se execută probele care necesită timp îndelungat și trebuie începute din timp.

Probele trebuie executate de persoane avînd cunoștințele și practica necesară, întrucît de rezultatul lor depinde descoperirea defectelor și utilizarea aparatelor în exploatare. Rezultatele probelor se înscriu într-un registru al sectorului de montaj care ia măsuri de lichidare în cel mai scurt timp a tuturor deficiențelor pentru a se ajunge mai repede la exploatarea normală. Cu ocazia controlului se examinează și lucrările de finisare.

7.3. LUCRĂRILE DE MONTAJ CU CARACTER GENERAL

Cuplarea conductelor de preluare direct la aparate sau la alte conducte. Pentru preluarea impulsului de presiune se utilizează dispozitivul cu ștuț sudat care trebuie să aibă cote de bază (v. tabela 7.1).

Gaura trebuie să fie amplasată la 300 mm de la îmbinările sudate, iar orificiul executat autogen se curăță cu bunghiul de țunder și picături de metal, fără a se lăsa să pătrundă murdărie în conductă.

Tabela 7.1

Diametrul conductei de preluare, în țoli	3/8	1/2	3/1	1
Diametrul găurii perforate, în mm	8	8	15	20
Înălțimea ștuțului, în mm	12	14	18	20
Diametrul ștuțului, în mm	25	30	36	45

Ștuțul trebuie să aibă muchiile teșite pentru a se mări suprafața de sudură iar poziția de instalare corectă se verifică cu un echer.

Filetul ștuțului trebuie să fie complet dar să nu permită înșurubarea elementului primar cu mîna.

Cînd la ştuţul respectiv urmează a se fixa un termometru se face un locaş pentru garnitura de etanşare care se prevede cu riz pentru a mări etanşarea instalaţiei. Garnitura este făcută din şaibe de azbest cu aluminiu.

Cuplarea cu piese filetate se face la lungimile minime de filet corect executat după tabela 7.2.

Tabela 7.2

Diametrul tubului, în ţoli	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3
Lungimea filetului, în mm	14—18	16—20	18—23	22—27	24—29	30—35
Numărul spirelor	9	10	10	11	12	12

Îmbinarea se etanşează cu pastă de zinc (o parte ulei de in şi două părţi de alb de zinc) şi fire de cînepă sau in. Etanşarea aceasta este admisă numai pentru fluide cu presiune pînă la 10 kgf/cm^2 şi temperaturi mici. La presiuni mari se utilizează pastă pe bază de grafit fără fire de cînepă şi în caz de nereuşită se trece la cuplarea cu flanşe avînd între ele garnitura corespunzătoare.

Cuplarea prin flanşe se realizează cu buloane de diametru minim 12 mm pentru a rezista la efortul de strîngere. La presiunile obişnuite distanţa între buloane se ia de cel puţin 5 ori diametrul bulonului. La presiuni peste 25 kgf/cm^2 distanţa se poate restrînge la 3 ori diametrul bulonului.

Numărul buloanelor se fixează ca multiplu de 4. Lungimea buloanelor trebuie să depăşească lungimea cuplării cu 7—10 mm. Flanşele se construiesc pentru opt trepte de presiune: 2, 5, 6, 10, 16, 25, 40 şi 100 kgf/cm^2. Pînă la presiunea de 25 kgf/cm^2 suprafaţa de etanşare se face netedă, iar la presiuni peste 40 kgf/cm^2 suprafaţa de etanşare are un canal şi o ieşitură. Orificiile buloanelor se aşază simetric faţă de verticală. Flanşa trebuie să aibă diametrul interior în funcţie de presiune, iar diametrul exterior standardizat faţă de care abaterea maximă trebuie să fie de 1 mm. Flanşele se montează strict perpendicular pe conductă pentru a se putea realiza etanşarea.

Verificarea perpendicularităţii se face cu echerul. La presiunile înalte peste 25 kgf/cm^2 flanşele se prind de conductă prin două suduri aplicate pe perimetrul exterior şi pe perimetrul interior cu o faţetă prelucrată la 60°, avînd grijă ca sudura interioară să nu depăşească golul interior al conductei. Garniturile se aleg în funcţie de mediu şi parametri.

Buloanele de strîngere se spală înainte de montare cu petrol lampant.

Operaţia de strîngere se exercită asupra buloanelor în mod succesiv pe acelaşi diametru şi numai strîngerea finală se realizează urmînd sensul acelor de ceasornic. Garniturile trebuie să aibă o grosime de 3—5 mm cu o toleranţă de $\pm$0,5 mm în grosime şi 1 mm la diametrul interior sau exterior. Garniturile se acoperă înainte de montare cu o pastă de grafit şi ulei de in fiert.

Instalaţiile electrice se execută după verificarea dacă temperatura mediului ambiant nu depăşeşte 70° la conductorii cu izolaţie de cauciuc

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.3

Secțiunea conductorilor	mm²	1	1,5	2,5	4
N-rul conductorilor în tub	2	14	17	24	34
	3	13	15	22	31
	4	12	14	20	27

Tabela 7.4

Modul de alimentare	Rezistența circuitului, în Ω	Secțiune conductor, în mm²	Lungimea maximă, în m
Alimentarea de la capăt	4	1,5 2,5	330 360
Alimentarea la mijloc cu un singur aparat secundar	20	1,5 2,5	1 680 2 800
Alimentarea la mijloc cu două aparate secundare	14	1,5 2,5	1 170 1 960

Tabela 7.5

Rezistența circuitului exterior, în Ω		5	10	15	25
Secțiunea conductorului, în mm²	1,0	140	280	420	700 m
	1,5	208	416	624	1 025 m
	2,5	537	710	1 065	1 775 m

și dacă nu au fost depășite sarcinile admisibile, în A, conductorii pozați în tuburi de protecție după cum se arată în tabela 7.3.

Pentru transmițătoarele cu inducție distanța între aparate, secțiunea conductorilor și rezistența maximă a circuitului depind de modul de alimentare și numărul de aparate secundare conform datelor din tabela 7.4.

Traseele se aleg astfel ca numărul de încrucișări reciproce ale conductorilor să fie cel mult două.

Distanțele maxime admisibile între termometrul cu rezistență și aparatul indicator în cazul sistemului cu doi conductori sînt cele din tabela 7.5.

Distanțele maxime între termocuplu și galva-

Tabela 7.6

Tipul de termocuplu	Marca conductorului de compensare	Secțiunea conductorului de compensare mm²	Rezistența circuitului exterior, în Ω			
			5	10	15	25
Cupru	M	1,5	14	28	42	70 m
		2,5	25	50	75	125 m
Cromel-capel	XK	1,5	6,5	13	20	23 m
		2,5	11	12	33	55 m
Cromel-alumel	XA	1,5	9	18	27	45 m
		2,5	11,5	23	24	57 m
Platin-radiu		1,5	165	330	495	825 m
		2,5	250	500	750	1 250 m

Scanned with OKEN Scanner

nometru se aleg în funcţie de marca conductorului de compensare, secţiunea lui şi rezistenţa electrică a reţelei exterioare (v. tabela 7.6).

Distanţa maximă între termocuplu şi potenţiometru se alege în funcţie de aceiaşi factori (v. tabela 7.7).

Îmbinările pe traseu trebuie să fie minime şi realizate prin răsucire şi lipire la cald fără a folosi pasta de decapare acidă.

Rezistenţa de izolaţie a conductorilor trebuie să fie la 20°C de 100 MΩ/km lungime pentru conductorii de legătură şi de 200 MΩ/km lungime pentru conductorii de compensaţie.

Raza minimă de îndoire a conductorilor izolaţi cu hîrtie impregnată este zece diametre, iar la conductorii izolaţi cu cauciuc de trei diametre.

Tabela 7.7

Marca conductorului de compensare	Secţiunea conductorului, mm²	Distanţa maximă, în m, la rezistenţa circuitului exterior	
		18 Ω	30 Ω
Cupru	1,5	40	84 m
	2,5	90	150 m
Cromel copel	1,5	23	39 m
	2,5	29	66 m
Cromel-alumel	1,5	40	54 m
	2,5	41,5	69 m

Dispozitivele de comutare trebuie să aibă o rezistenţă de trecere a contactelor de maximum 0,05 Ω.

Conductele pneumatice au un diametru interior determinat în funcţie de numărul lor şi de debitul de aer comprimat consumat pentru a se realiza o viteză în tub de maximum 12 m/s.

Ţevile se aleg în funcţie de mediu şi condiţiile de lucru (v. tabela 7.8).

Presiunile de probă pentru conductele folosite sînt arătate în tabela 7.9.

După verificarea diametrului şi grosimii pereţilor se verifică aspectul exterior, neadmiţînd rizuri cu adîncime mai mare de 0,5 mm la tuburi

Tabela 7.8

Mediul	Parametri		Materialul ţevii	Felul ţevii
	presiunea, în kgf/cm²	temperatura, în °C		
Aer uscat	6 — 10	30 — 40	oţel carbon de calitate	sudată
Aer uscat	1,5 — 3	30 — 40	oţel carbon de calitate	trasă
Abur	40	450	oţel aliat	trasă
Abur	29 — 40	450	oţel carbon de calitate	trasă
Abur	8 — 20	350	oţel carbon obişnuit	trasă
Abur	1 — 7	250	oţel carbon obişnuit	sudată
Gaze, fum	vid	50 — 60	oţel carbon obişnuit	sudată
Produse cu sulf	20	250	oţel aliat	trasă
Păcură	60	450	oţel carbon de calitate	trasă

Scanned with OKEN Scanner

cu pereți de 3,5 mm și 1 mm la tuburi cu pereți peste 3,5 mm. Îndoirea țevilor se realizează cu dispozitivul de îndoire la rece 3/8 — 1" sau manual la cald $1^1/_4$ — 2".

Se păstrează corespondență între diametrul trecerii libere și raza de îndoire a tubului în mm (v. tabela 7.10).

Tabela 7.9

Felul țevii	Materialul	Presiunea, în kgf/cm²	
		de utilizare	de probă
Sudată	oțel	10	16
Sudată, îngroșat	oțel	16	25
Trasă	oțel	25	40
Trasă, îngroșat	oțel	50—100	75—125
Trasă	cupru	32	50
Trasă	alamă	32	50

Tabela 7.10

Diametrul de trecere, în mm	3	6	10	15	20	25	32	40	50	80
Raza de îndoire, în mm	15	25	40	60	80	100	125	150	200	350

Distanțele de fixare ale conductelor se aleg în funcție de traseul și felul conductei (v. tabela 7.11).

Tabela 7.11

Traseul	Conducta impuls, în mm	Conducta pneumatică	
		mănunchi, în mm	izolată, în mm
Orizontal	1 000—1 500	500—600	300—400
Vertical	1 500—2 000	600—800	400—500

Se vor așeza dispozitive de fixare la curbele traseului și la dispozitivele de acuplare demontabile, care creează sarcini suplimentare față de greutatea proprie a conductei.

Lucrările de sudură oxiacetilenice nu se execută la temperaturi sub —10°. Se va conta pe un consum de oxigen de 1,15 volume pe volumul de acetilenă și de 0,56 l apă pe kilogramul de carbid. Aparatul generator de acetilenă trebuie să conțină 5—10 l apă pe kilogramul de carbid pentru a se evita supraîncălzirea. Între grosimea tablei, în mm, consumul de acetilenă, în l/oră, consumul de oxigen, în l/oră, și numărul becului există corespondența din tabela 7.12.

Tabela 7.12

Grosimea tablei, în mm	0,5/1	1/2	2/4	4/6	6/9	9/14	14/20	20/30
Consumul de acetilenă, în l/oră	75	150	300	500	750	1 200	1 700	2 500
Consumul de oxigen, în l/oră	85	165	330	550	825	1 300	1 850	2 750
Numărul becului	0	1	2	3	4	5	6	7

Scanned with OKEN Scanner

La sudura conductelor cordonul poate depăşi grosimea pereţilor în limitele arătate în tabela 7.13.

Diametrul sîrmei de adaos se alege în funcţie de grosimea cordonului de sudură, fiind egal cu jumătatea acestuia plus 1 mm.

Sîrma de adaos de oţel trebuie să aibă un conţinut de carbon de maximum 0,1%. Pentru cupru se utilizează cupru electrolitic şi drept fondant borax 48—53%, acid boric 10—14%, clorură de sodiu 32—38%. Pentru aluminiu se utilizează aliaj de aluminiu 95%, siliciu 5% şi drept fondant clorură de potasiu 27—33%, clorură de sodiu 42—48%, clorură de litiu 9—12%, fluorură de potasiu 12—16%. Pentru alamă se foloseşte tot alamă cu fondant din borax şi acid boric.

Tabela 7.13

Grosimea peretelui, în mm	2—3	3—5	5—6	8—10
Abaterea maximă, în mm	1	1—2	1,5—2,5	2,5—3,5

Tabela 7.14

Grosimea peretului conductei, în mm	5	5/12	12/20	20/30
Numărul de straturi	1	2	3	3

Numărul de straturi de sudură depinde de grosimea cordonului conform tabelei 7.14.

Sudura tablelor pînă la 2 mm se face fără sîrmă de adaos, cu sudura prin topirea marginilor. Tablele cu grosimea de 2—4 mm se sudează cu un joc între ele, aşezate cap la cap, de 1—3 mm fără prelucrarea marginilor. Tablele cu grosimea între 4 şi 15 mm se aşază cu un joc de 2—4 mm făcînd prelucrarea marginei pe una din feţele marginilor sub un unghi de 60—90°. Tablele peste 15 mm se sudează după pregătirea marginilor pe ambele feţe în formă de X.

Un kilogram de carbid dă în mod obişnuit 250 l de acetilenă şi în această ipoteză se consumă la un metru liniar de tăiere la 180 l de oxigen, 0,072 kg carbid sau 18 l acetilenă.

Tabela 7.15

Grosimea tablei de tăiat, mm	3—25	25—50	50—100	100—200	200—300
Lăţimea tăieturii, în mm	2—2,5	2,5—3,5	3,5—4,5	4,5—7	7—10
Consumul de oxigen, în m³/oră	2—3,5	5,6—7,8	9,8—12,6	27—32,5	43,5—51
Consumul de acetilenă, în m³/oră	0,45—0,78	0,78—1,0	1,05—1,25	1,3	1,3
Viteza de avans, în m/min	0,55	0,37	0,26	0,16	0,08

Scanned with OKEN Scanner

Pentru calculele tehnice se admit pierderi de 10% la oxigen, 15% la acetilenă și 20% la carbid. Indicii tehnici ai aparatului de tăiere cu flacără oxiacetilenică sînt cei din tabela 7.15.

Lucrările de sudură electrică se fac la temperaturi mai mari ca −18°C și sînt caracterizate de indicii tehnici pentru conducte conform tabelei 7.16.

Tabela 7.16

Grosimea pereților, în mm	4—6	6—8	8—10	10—15
Intensitatea de lucru, în A	90—120	100—130	130—160	150—190
Diametrul electrozilor, în mm	3	3	4	4—5

Abaterea admisă la grosimea cordonului este funcție de grosimea peretelui conductei indicată în tabela 7.17.

Tabela 7.17

Grosimea peretelui, în mm	2—3	3—5	5—6	8	10
Abaterea maximă, în mm	0,5—0,8	0,8—1	1—2	1,5—2,5	2—3

Tabela 7.18

Grosimea tablei, în mm	2—4		4—8			8—12	
Intensitatea de lucru, în A	140	190	190	240	300	340	375
Diametrul electrozilor, în mm	3	5	4	5	6	7	8
Abaterea maximă a marginei, în mm	1		2		3	4	
Unghiul de prelucrare °	50		60		70	70	

Pentru sudarea electrică a tablelor sînt valabili indicii din tabela 7.18.

Intensitatea admisă pe electrod este în funcție de diametrul acestuia conform tabelei 7.19.

Tabela 7.19

Diametrul, în mm	3	4	5
Intensitatea admisă, în A	100—130	130—170	170—200

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.20

Diametrul conductei, în mm	38—108	133—159	219—221	276—330	376
Jocul dintre tub și flanșă, în mm	1	1,5	1,5	1,5	1,5
Diametrul electrodului, în mm	4	5	5	6	6
Numărul de straturi de sudură	1	1	2	3	4

Cînd se sudează flanșele la conductă se procedează întîi la fixarea lor în patru puncte diametral opuse cu sudură de 5—6 mm și apoi se execută sudura cu respectarea indicilor din tabela 7.20.

7.4. LUCRĂRILE DE MONTAJ AL TABLOURILOR ȘI CONSTRUCȚIILOR METALICE

Tablourile de control se împart în tablouri de comandă, tablouri de deservirea instalațiilor și tablouri locale.

Tablourile de comandă sînt instalate în camere speciale și sînt deservite de dispecerul instalației respective.

Tablourile de deservirea instalațiilor sînt amplasate în încăperile de producție lîngă agregatul respectiv.

Tablourile locale se montează în încăperile de producție sau în afara lor și cuprind aparatele de măsurat, control și reglare avînd drept scop măsurători sau reglări individuale.

Constructiv se deosebesc tablouri panou și tablouri dulap.

Montarea tablourilor panou. Pentru a se putea folosi tablouri panou trebuie să fie îndeplinite următoarele condiții:

— temperatura mediului înconjurător trebuie să fie de minimum 0° și maximum 40°C;

— fața tabloului trebuie să fie bine luminată;

— amplasarea tablourilor trebuie să permită accesul liber;

— succesiunea tablourilor trebuie să fie în concordanță cu fluxul operațiilor de măsurare.

Tablourile panou se montează pe o ramă din fier profilat U 12 ancorată cu buloane de 5/8" în pardoseala încăperii sau pe o fundație specială de beton. Rama se prinde de tablou cu buloane de 1/2" și lungimea de 40 mm. Rigiditatea tablourilor este asigurată prin fier cornier de 50×50 mm sau 45×45 mm.

Distanța între tablouri și perete se ia 900 mm și poate fi mărită la 1200—1500 mm cînd tabloul este format din mai multe panouri. Pe scheletul metalic de rigidizare se montează și suporții pentru conductele de măsură și protecție.

Scanned with OKEN Scanner

În anumite cazuri se utilizează tablouri panou suspendate care folosesc pentru cel mult două aparate și au o distanță pînă la perete de maximum 250—300 mm.

Fixarea tablourilor se face după verificarea amplasării în plan vertical și orizontal a construcției metalice. După terminarea lucrărilor de lăcătușerie, montaj și sudură se montează conductele de alimentare cu energie electrică și rețelele de aer comprimat sau conductorii de compensație. Înainte de montarea aparatelor de măsurat se face vopsirea construcțiilor metalice. După vopsire se montează lîngă fiecare aparat inscripția care precizează destinația aparatului și punctele de măsurare legate.

Montarea tablourilor dulap. Tablourile dulap se utilizează în industriile chimice care degajă praf. Ele adăpostesc aparatele de măsurat ale agregatelor. Tablourile dulap se montează pe rame din fier profilat după aceeași metodologie ca tablourile panou. În interiorul tabloului dulap se montează armătura pentru iluminatul interior al tabloului. Cînd dulapurile sînt amplasate în afara încăperilor de fabricație se asigură o închidere ermetică pentru a proteja aparatele de praf și umiditate, iar pentru menținerea constantă a temperaturii de 20°C se prevăd dispozitive de încălzire sub formă de radiatoare cu abur.

Cota de montaj a bazei tabloului dulap se alege astfel ca scala aparatelor să fie la o înălțime de 1400—1500 mm.

Vopsirea tablourilor dulap se face în tonuri deschise în interior și în tonuri închise la exterior. Se poate utiliza și tonul deschis la exterior scoțînd în evidență numai construcția metalică de rigidizare care se vopsește în culori închise.

7.5. LUCRĂRILE DE MONTAJ AL ELEMENTELOR DE MĂSURAT LA UTILAJE ȘI PE CONDUCTE

Montarea dispozitivelor de preluare a impulsului de presiune. Pentru presiunile între 15 și 160 kgf/cm^2 dispozitivul de preluare a impulsului de presiune se prevede cu organul de închidere corespunzător și legătura se face prin ștuț sudat. Sub 15 kgf/cm^2 se admite sudarea directă a ștuțului la conducta principală. Cînd este pericol de înfundarea ștuțului cu substanțe vîscoase antrenate de fluid se folosește un dispozitiv de preluare cu teu de curățire în perioada de oprire. Orificiul de preluare trebuie să fie perforat, curat și să aibă un diametru de 6—8 mm. După organul de închidere se montează o îmbinare demontabilă pe filet sau pe flanșă care să permită curățirea periodică prin suflare. Cînd se măsoară presiunea vaporilor se montează înaintea organului de închidere un tub în formă de U sau inel pentru reținerea condensului.

Dispozitivele de preluare a impulsului de presiune la gaze se instalează la partea superioară a conductelor orizontale, iar în cazul lichidelor sau vaporilor se instalează pe partea laterală a conductelor. În cazul aerului sau al gazelor umede se va monta priza verticală și se va intercala un separator de picături.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul presiunilor mici pînă la 1 kgf/cm² se foloseşte sudarea ştuţului la conductă direct sau prin intermediul unui tub de protecţie.

La măsurarea tirajului se foloseşte un dispozitiv special prins în zidăria cuptorului în care se face o scobitură.

Montarea dispozitivelor de preluarea mostrelor de gaze pentru analiză. Se evită preluarea de gaze din zonele cu temperatură înaltă sau care conţin particule mecanice în suspensie. Dispozitivul de preluare se aşază sub un unghi de 60—75° pentru ca umiditatea condensată să se poată scurge în oala de condens ce se montează după acest dispozitiv. Oala de condens are o gardă hidraulică corespunzătoare vacuumului din analizoare care este de 150 mm col. apă. Cînd gazele au o temperatură de 200—600°C se montează un filtru ceramic.

Montarea dispozitivelor de stabilirea nivelului. Aceste dispozitive se montează direct pe aparatele tehnologice în punctele de nivel maxime sau minime. Fiecare dispozitiv se prevede cu armături de închidere şi cuplaj demontabil cu filet sau flanşă. Pentru cazurile cînd este posibilă înfundarea cu suspensii sau substanţe vîscoase se prevede şi o armătură legată prin teul de curăţire.

Montarea dispozitivelor de măsurarea temperaturii. Aparatul de măsurarea temperaturii trebuie să fie amplasat la un loc corespunzător temperaturii medii şi în acel mod care reduce la minimum pierderile de căldură prin radiaţie şi conductibilitate. Partea activă a aparatului se cufundă complet în mediul de măsurat şi este înclinată în întîmpinarea curentului. În secţiunea în care se montează aparatul nu trebuie să fie schimbări în viteza curentului sau stagnare. Distanţa minimă de la dispozitivul de măsurare a temperaturii la ventilele cele mai apropiate trebuie să fie 18—20 ori diametrul conductei. Dacă diametrul conductei este prea mic se instalează dispozitivul în unghi contra curentului în conductă, sau chiar în cot. Nu se admit ciocăniri la montaj fiindcă se poate produce ruperea termoelementului sau defectarea izolaţiei.

— Termometrele tehnice sau cu mercur se amplasează în locuri ce permit citirea comodă a indicaţiilor. Locul de montaj trebuie să fie luminat natural sau artificial. Partea exterioară a termometrului nu trebuie să împiedice trecerea personalului de serviciu şi să nu fie supusă încălzirii de la surse străine sau răcirii prin curenţi de aer.

În caz contrar trebuie prevăzut un ecran de protecţie special. Pentru cazul cînd este nevoie să se măsoare temperatura periodic se foloseşte un locaş fix în care se introduce un termometru cu mercur fără protecţie. Aşezarea scării termometrului se reglează din grosimea garniturii şi nu prin înşurubarea incompletă a monturii.

Pentru reducerea inerţiei la măsurarea temperaturii se umple cartuşul cu ulei pentru măsurarea temperaturii pînă la 150°C sau cu pilitură de cupru, fier sau aluminiu la temperaturi peste 150°C. Rezervorul de mercur trebuie să fie amplasat în axa curentului mediului de măsurat.

— Cartuşul termic al termometrului manometric trebuie să fie cufundat complet în mediul de măsurat. Pînă la presiunea de

60 kgf/cm², în medii necorozive, fixarea cartușului termic se face cu știuț sudat avînd filet interior de 1/2" și ieșituri pentru cuplările de etanșare.

Cuplarea de etanșare este făcută din două semișaibe și o garnitură de etanșare de azbest astfel că se poate scoate ușor cartușul termic și se asigură etanșeitatea pe tubul capilar. Adîncimea de cufundare a cartușului termic se determină prin strîngerea presetupei. Tubul capilar se montează cu încovoieri de rază minimă de 20—25 mm.

— Termometrul cu rezistență are partea activă de lungimea 60—95 mm și trebuie să se amplaseze în axa conductei. Nu se utilizează termometrul cu rezistență cînd aparatul sau conducta sînt supuse vibrațiilor puternice.

Cînd aparatul este supus la vibrații neînsemnate atunci se prevede cuplarea conductorilor la tubul de protecție cu ajutorul unui furtun metalic elastic. Armătura de îmbinare a termometrului cu rezistență este filetată cu diametrul de 1", iar etanșarea se face prin garnitură.

Tipul termometrului se alege ca lungime astfel ca partea exterioară ce iese în afară să fie minimă pentru a se reduce pierderile de căldură, iar știuțul de cuplare se îndreaptă în jos pentru a se evita pătrunderea umidității în termometrul cu rezistență. Capul termometrului cu rezistență nu trebuie să fie încălzit peste 100°C și este de dorit să aibă o temperatură apropiată de a camerei. Termometrele cu rezistență se vor monta de preferință verticale sau sub un unghi.

— Termocuplurile se montează astfel ca lipitura caldă să se găsească în axa conductei. Știuțul termocuplului este filetat interior cu diametrul de 1". Capul termocuplului din exterior nu trebuie să se încălzească peste 60—80°C și lungimea acestuia trebuie să asigure adîncimea de cufundare și o distanță suficientă față de suprafața conductei. Montarea termocuplului în zidărie se realizează după trei variante:

a) montarea direct în zidărie cu ajutorul nervurilor speciale ale tubului director;

b) montarea și fixarea tubului director prin sudură la mantaua metalică;

c) montarea și fixarea tubului director pe flanșă cu dibluri în zidărie.

Termocuplurile speciale pentru măsurarea temperaturilor la suprafața unei conducte sau a unui aparat se montează prin sudura electrozilor direct într-o adîncitură de 3—5 mm pregătită la locul de măsurare. Sudura se face electric folosind electrod din oțel refractar. După sudură se izolează cu material termoizolant și se montează teaca de protecție.

Sînt cazuri cînd se montează prin fixarea mecanică a electrozilor termocuplului de suprafață care apoi se izolează termic.

Montarea diafragmelor. Diafragmele sînt dispozitivele primare pentru măsurarea debitelor de fluide ce se scurg prin conducte folosind metoda căderii de presiune. Înainte de montarea diafragmei se verifică concordanța între diametrul conductei și datele diafragmei admițînd o abatere la diametrul conductei de $\pm$ 0,5% dacă $d/D \geqslant 0{,}55$ și de $\pm$2% dacă $d/D \leqslant 0{,}55$.

Se controlează ovalitatea conductei prin măsurarea a două diametre ce sînt perpendiculare între ele. Se verifică dacă conducta are gradul de rugozitate admis prin măsurarea asperităților pe o distanță de două diametre înainte și după locul de montare al diafragmei. Se vor elimina conductele care prezintă lovituri, defecte de uzinare, urme de tăiere oxiacetilenică sau picături de metal de la sudură care se pot observa cu ochiul liber. Diafragma se verifică dacă este corespunzătoare diametrului conductei și dacă are diametrul interior prescris de fișa tehnică cu o abatere de $\pm$ 0,001 d pentru $d/D \leq$ 0,45 și $\pm$ 0,005 d pentru $d/D >$ 0,45. Se va verifica dacă diafragma nu prezintă defecte vizibile cu ochiul liber, la marginea orificiului sau în planul diafragmei. Diafragmele se montează între două flanșe, iar centrarea diafragmei se face realizînd distanța egală față de șuruburile de strîngere a flanșelor care trebuie să fie de minimum 3 mm. Se utilizează și metoda centrării după diametrul exterior al flanșei măsurînd simultan în trei puncte distanța dintre diafragmă și flanșă și modificînd poziția pînă ce centrele se suprapun cu o precizie de $\pm$ 0,01 diametrul conductei. Diametrul interior al garniturii de etanșare trebuie să fie egal cu diametrul conductei sau mai mare cu 2—3 mm, în caz contrar se produce denaturarea măsurării. La montarea garniturii se utilizează aceleași metode de centrare față de diafragmă, folosind marginea exterioară. Conductele de impuls se introduc în conductă la partea inferioară dacă se măsoară debite de lichide pentru a se evita pătrunderea în conducte a aerului dizolvat. Se admite cel mult o preluare pe orizontală și se va evita preluarea pe verticală în jos căci se produc astupări cu amestecuri mecanice. Pentru măsurarea debitului de abur se montează conductele de impuls în semicircumferința superioară a conductei pentru a permite să se mențină în vasele de condensare un nivel constant al condensatului. Pentru gaze sau aer umed pe conductele de impuls se montează separatoare de picături. La diametrele mari ale conductelor de gaze se utilizează și dispunerea inelară a conductelor de impuls prevăzute cu separatoare de picături. Pe conductele de impuls este nevoie să se monteze armături de închidere. Cînd se montează diafragme pe conducte subterane, în acel loc se prevede o cameră de vizitare.

Marginea ascuțită a orificiului diafragmei se dirijează contra curentului de lichid. Dacă diafragmele au camere, acestea trebuie să aibă un diametru interior egal cu diametrul conductei sau cel mult mai mare cu maximum 5 mm. Conductele de impuls au diametrul exterior filetat 3/8" sau 1/2" și diametrul interior de minimum 4 mm sau maximum 15 mm alegînd de obicei un diametru $\leq$ 0,03 D.

Diafragmele disc au orificiul interior cilindric și totuși este bine să se monteze cu semnul „+" înscris pe suprafața discului în contracurent.

Se precizează că montarea conductelor de impuls la diafragmele disc se face prin sudură la conductă respectînd distanțele prescrise.

Diametrul găurii de preluare a impulsului se ia 6 mm pentru conducte pînă la 100 mm și 10 mm la diametre mai mari. Pentru gaze umede se poate face perforarea cu diametrul 12—16 mm.

Scanned with OKEN Scanner

Diafragmele plate se montează cu marginea ascuțită îndreptată în contracurent și găurile de preluarea impulsului se fac cu diametrul maxim de 12 mm care de obicei se ia 0,1 d al conductei. Distanțele orificiilor față de diafragmă se iau de minimum o rază a orificiului și de maximum un diametru al conductei înainte de diafragmă și de jumătate a diametrului conductei după diafragmă.

Montarea rotametrelor. Rotametrele se montează de obicei direct pe conducta tehnologică în poziție verticală și cu direcția curentului de jos în sus. În afară de rotametru se montează o conductă de ocolire cu armături de închidere. După montaj se verifică cu firul cu plumb poziția riguros verticală.

Montarea contoarelor volumetrice și de viteză. Contoarele se montează orientîndu-ne după săgeata care indică sensul de curgere al lichidului prin corpul aparatului. Pentru a se asigura o măsurare corectă a debitului trebuie îngrijit ca să avem conducta mereu plină cu lichid și de aceea la măsurători executate în lipsa presiunii poziția normală a contorului este sub cota conductei. La locul de instalare a contorului, conducta trebuie să fie în linie 8—10d înainte de contor și 5 d după contor. Cînd lichidul are impurități se montează înainte de contor dispozitivul de filtrare. Dacă în locul de amplasare a contorului este posibilă formarea unei perne de aer, se prevede o ventuză de dezaerisire. Se permite instalarea contoarelor în poziție verticală sau înclinată, dar se recomandă montarea pe porțiunile orizontale ale conductei. La montările verticale și înclinate direcția curentului de lichid trebuie să fie de jos în sus. Ca și rotametrul, contorul se amplasează în loc comod pentru observare și nu preia sarcini suplimentare de la conducta care trebuie să fie prinsă în reazeme rigide. Locul de instalare trebuie să fie protejat contra deteriorărilor mecanice.

Contoarele se îmbină cu flanșă sau cu filet.

Montarea ventilelor regulatoarelor pneumatice. Înainte de montare se verifică ventilul dacă corespunde ca trecere convențională, tipul ventilului (normal deschis-normal închis) și condițiile de lucru (temperatură, presiune, rezistență la coroziune). Se scot flanșele oarbe și se montează ventilul pe o porțiune rectilinie a conductei egală cu 10 d ale trecerii convenționale înainte și după locul de montaj. Ventilele regulatoarelor pneumatice se montează cu tija în poziție verticală și cu membrana în partea de sus. În caz excepțional se admite și montarea orizontală sau cu membrana la partea inferioară. Ventilele se montează cu o conductă de ocolire și chiar pe aceasta dacă satisface distanțele în aliniament pînă la armăturile de închidere. Ventilele au de obicei diametre mai mici decît conductele pe care se montează de aceea se prevăd reduceri conice la armăturile de închidere sau la ventil. Înainte de montaj se curăță conducta de impuritățile mecanice și resturile de la tăierea sau sudura autogenă sau electrică. Locul de montaj trebuie să fie accesibil pentru deservire comodă și reglare. Se va evita supraîncălzirea locului de montaj a ventilului sau înghețarea, prin încălzire cu serpentine și închidere în dulap.

Scanned with OKEN Scanner

Pe corpul supapei este indicat sensul corect de curgere a lichidului. Cînd se folosește îmbinarea cu filet se recomandă prevederea legăturii olandeze pentru o mai ușoară demontare. Cînd ventilul pneumatic are releu de poziție acesta se prevede cu filtru de aer și reductor de presiune și se montează numai în poziție verticală cu capul în sus. Releul se așază paralel cu tija ventilului pe console speciale rigide și legăturile cu aerul comprimat se fac cu conducte de cupru.

Ventilele de reglare pneumatice se montează similar cu ventilele, însă nu se cere o porțiune liniară de conductă mai mare ca 3—5 diametre.

Montarea mecanismelor de execuții hidraulice sau electrice. Construcția de fixare a mecanismelor de execuție trebuie să fie rigidă la sarcina provenită din greutatea proprie și la eforturile dezvoltate de impuls. Mecanismele de execuție se amplasează la locurile de acces comod și suficient iluminate pentru o bună exploatare. Temperatura mediului ambiant nu trebuie să treacă de 40°C și să nu fie sub +10°C.

Tiranții și pîrghiile se execută cu toleranțele prescrise în desenele de montaj care se fac pentru fiecare ansamblu de mecanism de execuție și organ de reglare.

Montarea regulatoarelor de nivel. Regulatoarele de nivel se montează interior, sau exterior cu fixare prin flanșă sau filet. La montare se așază aparatul în locul prescris, se instalează garnitura și se fixează îmbinarea. Alimentarea cu aer comprimat se face prin filtru și regulator de presiune cu ajutorul conductelor de 1/2" prevăzute cu armături de închidere și legături demontabile. Sudura ștuțurilor de fixare la aparate se face pe baza desenelor date de proiectant. Camera flotorului este grea și se montează vertical pe dispozitivul de rezemare. În timpul instalării se scoate de pe axă flotorul cu tijă, care se montează ulterior dinspre interiorul aparatului. Filetul se unge la montaj cu pastă cu grafit pentru etanșare și se asigură demontarea ulterioară pentru revizie și reparații.

7.6. LUCRĂRILE DE MONTAJ AL APARATELOR DE MĂSURAT, CONTROL ȘI REGLARE

Montarea aparatelor de măsurarea presiunilor. Aparatele de măsurarea presiunilor se montează pentru considerente de siguranță cît mai aproape de locul de măsurare, în locuri bine luminate pentru a permite citirea indicațiilor. Se va evita montarea manometrelor în zona părților încălzite ale agregatelor. Temperatura mediului înconjurător trebuie să fie de maxim +40°C și în caz contrar se îndepărtează manometrul sau se pune ecranul de protecție.

Normal asupra manometrului nu trebuie să acționeze presiunea coloanei de lichid din aparat și în cazul cînd acest lucru nu este posibil se gradează scara aparatului incluzînd și această presiune suplimentară.

Se va evita montarea manometrelor în locuri supuse vibrațiilor. Se reduce efectul printr-o buclă de condensare sau răcire în formă inelară sau de U.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a se evita înfundarea manometrului cu suspensii se prevede un separator de nămol, iar la medii corosive vase de separare. Etanșarea la locurile de îmbinare se realizează cu garnituri de plumb pentru presiuni sub 50 kgf/cm² și de cupru pentru presiuni peste 50 kgf/cm².

Pielea se poate folosi la confecționarea garniturilor la presiuni de maximum 20 kgf/cm² dacă se măsoară presiunea apei sau a gazelor neîncălzite. Fibra se utilizează pentru garnituri dacă presiunea este sub 500 kgf/cm² și temperatura sub 75°C. Aceste garnituri de piele sau fibră nu se admit pentru măsurarea presiunii oxigenului și în nici un caz nu se admite înfășurarea cîlțului pe îmbinarea filetată a manometrului. Pe conducta de impuls în imediata apropiere a manometrului se montează un robinet care permite decuplarea lui.

Manometrele prevăzute cu dispozitiv de suflare se dotează cu robinete cu trei căi și se amplasează în locuri accesibile operatorului.

Montarea aparatelor de măsurarea debitului sau a nivelului. Debitmetrele se montează perfect vertical și acest lucru este ajutat de amplasarea corectă a consolelor. La rigiditatea montajului aparatului contribuie fixarea suplimentară cu scoabe a tuburilor de derivație. Distanța maximă a locului de indicare față de locul de măsurare este 50 m. Manometrele diferențiale utilizate pentru măsurarea de la distanță a nivelelor se montează la o cotă inferioară locului de preluare a impulsului.

Montarea termometrelor manometrice. La montarea aparatului indicator sînt valabile recomandările făcute pentru montarea manometrelor, iar în plus trebuie asigurată fixarea tubului capilar care leagă cartușul termic cu aparatul de indicare. Tubul capilar rămas ca surplus la montaj se închide într-o cutie de protecție.

Montarea transmițătoarelor pneumatice a indicațiilor. Se utilizează aceste transmițătoare împreună cu aparatele indicatoare cu sau fără scală și ele se instalează în locuri accesibile deservirii care au o temperatură între 0 și 45°C.

Se montează transmițătoarele pe consolele aparatelor sau pe console speciale așezate cu nivela orizontal și vertical. Se controlează poziția verticală a aparatelor cu ajutorul bulelor de nivel existente pe aparat. Conductorii de alimentare cu energie electrică se introduc în aparat prin intermediul unui furtun elastic de 1/2" care protejează mecanic.

Dacă aparatul transmițător nu vibrează se poate utiliza și fixarea directă a conductelor electrice la bornele aparatelor.

7.7. MONTAREA APARATELOR PE TABLOURI IN CAMERELE DE COMANDA

Montarea aparatelor pe tablouri se face după terminarea tuturor lucrărilor de lăcătușerie pentru a se evita dereglarea lor prin lovire. Înainte de fixare fiecare aparat se controlează dacă este instalat corect în poziție verticală și orizontală. Pentru a nu se naște solicitări suplimentare asupra aparatelor se prind conductele de legătură pe suporți speciali.

Conductele de legătură se prevăd cu dispozitive demontabile.

Scanned with OKEN Scanner

Conductorii electrici se leagă la clemele de strîngere după cositorirea şi lipirea capetelor conductorilor la şaibele de strîngere şi în cazul că lipsesc clemele se va folosi lipitura la cald. Se va controla în special contactul de prindere a cablurilor de compensare şi apoi se face izolarea.

În punctele în care se prevăd bobine cu rezistenţă variabilă pentru ajustare se montează cutii cu cleme impermeabile la praf şi umezeală, care sînt plasate în spatele aparatelor în locuri uşor accesibile. Conductorii de protecţie ai instalaţiilor de înaltă tensiune se montează separat de conductorii instalaţiilor de joasă tensiune, pentru a se evita scurtcircuitele.

Montarea aparatelor pe tablouri se face prin dispozitivele de fixare care depind de forma şi soluţia constructivă a corpului aparatului fără a fi influenţate de principiul de funcţionare sau destinaţie.

Prinderea se poate face cu şuruburi sau scoabe speciale. Găurile se execută prin găurire cu burghiul şi nu cu flacără oxiacetilenică.

Controlul înainte de montaj se face după două plane perpendiculare cu bulele de nivel existente pe aparat sau montate special.

7.8. MONTAREA CONDUCTELOR DE IMPULS, DE PROTECŢIE, PNEUMATICE ŞI A CAPILARELOR

Conductele impulsurilor de măsurare transmit de la dispozitivele primare de măsurare la aparatele de transmitere, indicare sau reglare, energie mecanică.

Traseele conductelor de impuls trebuie să fie rectilinii şi scurte, iar numărul de coturi şi curbe trebuie să fie minime. Conductele de impuls se amplasează în locuri ferite de solicitări mecanice, vibraţii sau încălziri prin radiaţia aparatelor sau conductelor. Locul de amplasare trebuie să fie uşor accesibil. Poziţia de aşezare verticală este preferată poziţiei orizontale de aşezare fiindcă se protejează mai uşor.

Pe conductele de impuls care se pot astupa cu impurităţi se prevăd dispozitive de destupare, iar pe trasee se iau toate măsurile contra formării sacilor de aer sau a dopurilor de lichid. Acest lucru este evitat dacă se dă traseelor o pantă continuă de 20—50 mm/m.

Cînd gazele sînt umede sau condensează se amplasează pe traseu separatoare de picături. Conductele se îngroapă în afara clădirilor şi se iau măsuri de colectarea condensului. Este preferabilă montarea conductelor de impuls paralel cu conductele purtătorilor de căldură, sub aceeaşi izolaţie termică. Conductele de impuls se fixează bine de construcţiile metalice, clădiri sau poduri speciale, dar nu este permisă fixarea de aparatele chimice sau alte conducte.

La fixare se păstrează o distanţă minimă prescrisă între axele conductelor, distanţă care depinde de diametrul lor. Unele conducte de impuls sînt prevăzute cu dispozitive demontabile de suflare în afară de clădirea de producţie sau într-un colector de drenaj.

Scanned with OKEN Scanner

Conductele de impuls se fac din țevi cu diametru 14 și 22 mm care se îmbină prin filetare.

Grosimea pereților se ia în funcție de presiunea de regim. Pe traseul conductelor se vor prevedea un număr minim de îmbinări demontabile, care se așază la locul de intrare în dispozitivele primare, secundare, de transmitere sau la vasele de separare, condensare etc. Se va prevedea un dispozitiv de îmbinare demontabil la cel puțin 15 m lungime de traseu. Îmbinările demontabile se fac de 1/4", 3/8", 1/2", 3/4" și 1" folosind filet conic uns cu pastă de grafit fără a se folosi fuior de cînepă. Vasele se montează pe console speciale independente.

Îmbinarea tronsoanelor de conducte se face prin sudură autogenă cap la cap. Pentru presiuni de ordinul a 50—100 mm col. apă lungimea maximă a conductelor de impuls va fi 30 m, iar la presiuni mai mari se poate merge pînă la 50 m. La traseele lungi se vor evita coturile care măresc durata de întîrziere a conductei.

Curbele și coturile se fac cu o rază minimă de 12—15 ori diametrul exterior al conductei montate. Pentru debitmetre se recomandă chiar curbe cu raza minimă de 15—18 ori diametrul. Pentru măsurarea debitelor de abur se prevăd pe conductele de impuls vase de condensare care creează o coloană de apă de înălțime constantă înaintea manometrului diferențial.

Conductele de protecție apără conductorii electrici de deteriorările mecanice și trebuie să aibă suprafețele interioare curățite de rugină și vopsite, dacă tuburile nu sînt galvanizate. La montaj trebuie să se realizeze etanșeitatea conductelor pentru a evita pătrunderea umidității. La îmbinările filetate etanșeitatea se realizează cu fuior de cînepă uns cu miniu de plumb și strîngerea se face cu chei speciale care asigură înșurubarea completă. Fitingurile de pe traseu se montează cu capacele de control cu fața în jos sau lateral pentru a se evita pătrunderea umidității din precipitații atmosferice. Conductele se montează fără pantă și se fixează de construcții. La partea de jos se face montarea ventilelor de drenaj a umidității. Se vor evita traseele ce trec prin porțiunile încălzite intens căci se poate degrada izolația conductorilor.

Fixarea conductelor de protecție se face în apropierea fitingurilor.

Capetele țevilor de protecție se prelucrează cu pila pentru a nu avea muchii tăioase sau urme de sudură. Nu este permisă îmbinarea prin sudură autogenă sau electrică, fiindcă picăturile formate la sudură pot deteriora izolația. Se interzice de asemenea cuplarea tuburilor de diferite diametre prin sudură urmînd a se folosi numai fitinguri de fontă, care realizează și curbele sau ramificațiile. Conductele de protecție ale conductorilor ce intră în aparate se pot curba cu o rază minimă de 100 mm.

Pe conductele de protecție cu diametru de 2—4" cu lungime mai mare de 30 m fără ramificații se montează fitinguri intermediare la o distanță care pentru diametre mai mici se poate reduce la 10—12 m.

Înaintea intrării tuburilor de protecție în camera de comandă se prevăd fitinguri intermediare care după montaj și probe se acoperă cu o masă de etanșare.

Scanned with OKEN Scanner

Străpungerile în pereţii care separă camera de comandă de secţiile tehnologice se etanşează cu dispozitive speciale şi masă de etanşare. Cuplarea cablurilor la aparate se face elastic dacă este pericol de vibraţii sau rigid dacă nu există acest pericol. După montaj tuburile de protecţie se vopsesc pentru protejarea contra ruginei, în culoare neagră.

Conductele pneumatice transportă aerul comprimat care alimentează aparatele de măsurat, control şi reglare sau mecanismele de execuţie.

Sorbul compresorului se amplasează în afara clădirii deasupra acoperişului.

Aerul comprimat trece de la compresor la rezervorul de aer comprimat şi apoi la o instalaţie de purificare a aerului care separă praful şi umiditatea.

Se utilizează cu aer de presiune de 2—10 kgf/cm^2 şi este uzual să se folosească conducte de 57×3,5 mm sau 60×4,5 mm. Conductele se montează cu o pantă de 10 mm/m pentru a permite scurgerea apei condensate în conducte prin instalaţiile de drenaj montate la partea de jos a instalaţiei, prin care se face şi suflarea instalaţiei.

Pentru siguranţa funcţionării conductele de aer se montează în buclă închisă cu posibilitatea de a fi secţionate prin armături de închidere.

Pe fiecare secţiune se prevede un manometru pentru controlul presiunii.

Conductele se montează cu îmbinări prin flanşe cu garnituri de carton de 1,5—2 mm unse cu pastă de grafit. Cînd îmbinarea este nedemontabilă se sudează electric ţevile cap la cap. Ramificaţiile se prevăd la partea superioară a instalaţiei şi înaintea fiecărei ramificaţii se prevede o armătură de închidere din bronz.

Conductele principale se racordează la un colector fără armături de închidere care are o pantă de 1 : 5 spre dispozitivul de suflare.

Ramificaţiile la aparate se fac cu conducte de 14×2,5 mm şi în faţa fiecărui aparat se prevede un ventil de închidere, un filtru de aer şi un reductor de presiune. După reductorul de presiune cuplarea la aparat se face cu ţeavă de cupru prevăzută cu nipluri de legătură.

Conductele pneumatice se fac din ţeavă zincată pentru a preveni ruginirea din cauza umidităţii aerului comprimat.

Conductele de cupru pentru impulsul de comandă au dimensiunile uzuale de 8×6 mm şi 10×8 mm şi nu trebuie să depăşească o lungime de 160 m pînă la aparatul de măsurat sau 50 m pînă la organul de execuţie.

Conductele pneumatice se montează în camera de comandă în plan orizontal, iar înafara ei în plan vertical. Înaintea montării, conductelor de cupru li se aplică tratamentul termic de revenire, prin încălzire uniformă pînă la culoarea vişinie deschisă urmată de răcirea în apă rece. După tratamentul termic conductele se suflă cu aer comprimat. Pentru a se obţine o bună etanşeitate se prevăd îmbinări demontabile numai unde ele sînt necesare şi la distanţe de traseu de maximum 20 m. Restul îmbinărilor se realizează prin sudură care nu se face cap la cap, ci cu depăşire sau niplu interior sau exterior. După sudare se face o probă de etanşeitate cu aer comprimat de 2—4 kgf/cm^2. Solidarizarea pe traseu se reali-

Scanned with OKEN Scanner

zează cu bride speciale ce prevăd prinderea fiecărei conducte în parte. Coturile vor avea o rază minimă de 15 *d*.

Înainte de montaj conductele de cupru se dezdoaie, iar după montaj se protejează cu lac anticoroziv.

Conductele capilare ale termometrelor manometrice se montează cu atenție pentru a evita deteriorările mecanice. Traseul conductelor capilare se alege separat de celelalte trasee și nu se admite altă solicitare decît greutatea proprie. Normal, conducta capilară se montează în interiorul unui cornier de protecție de 25×35 mm sau, în anumite cazuri, chiar într-o conductă de diametru minim, care permite trecerea și a cartușului termic. Aceste conducte au o tăietură longitudinală cu lățimea mai mare decît diametrul învelișului de protecție al capilarului (15 mm) cu circa 2 mm. Montarea tubului capilar se începe de la aparatul indicator și se termină la cartușul termic unde se face fixarea. Se va evita întinderea tubului capilar și razele de curbură minimă trebuie să fie de 100 mm.

Traseul tubului capilar trebuie să fie ales la temperatură constantă și coborîtă.

Conductorii electrici se montează în țevi de protecție suflate cu aer comprimat care trebuie să fie cîteodată încălzit.

Se măsoară lungimea fiecărui sector de conductă de protecție dintre două fitinguri pentru a se afla lungimea totală a traseului căci nu este permis să aibă înnădiri. În caz excepțional se admite îmbinarea prin răsucire și lipire la cald fără folosirea mijloacelor de decapare cu acizi. După lipire se izolează conductorii.

Conductorii de compensare se vor verifica din punct de vedere al polarității și mărcii, iar montarea se face în conducte speciale deosebite de a celorlalți conductori electrici. Se vor separa conductorii ce lucrează cu tensiuni pînă la 6 V de conductorii cu tensiuni mai înalte (127—220 V). Pentru montaj se fac mănunchiuri din cabluri întinse și verificate să nu aibă rupturi.

Se curăță la capăt pe circa 100 mm și se leagă împreună cu sîrmă de oțel, apoi se izolează. La fiecare 3 m se leagă mănunchiul cu sfoară, iar în locurile unde se termină conductorii mai scurți se izolează capătul. Înainte de întinderea conductorilor se suflă talc în tubul de protecție și pe conductori pentru a aluneca mai ușor. Întinderea conductorilor se face prin trageri succesive folosind rezervele de conductor ce se lasă la fiecare tronson. La tragere se va evita frecarea conductorilor de marginile fitingurilor. După terminarea montării se taie capetele conductorilor și se marchează cu etichete de carton legate cu ață tare și pe care se scrie cu litere de tipar notațiile convenționale. La marcare se va controla dacă fiecare conductor corespunde ca poziție de început și sfîrșit prevederilor din schema de măsurare. Identificarea fir cu fir se face cu un receptor telefonic, milivoltmetru, lampă de control, megohmmetru etc.

Se pot cupla lucrările de identificare cu măsurătorile rezistenței conductorilor față de pămînt sau între faze.

Scanned with OKEN Scanner

7.9. INCERCĂRILE INSTALAȚIILOR DUPĂ MONTAJ

Rețelele electrice cu voltaj pînă la 6 V trebuie să aibă o rezistență minimă a izolației de 1 000 Ω , iar pentru tensiuni mai înalte rezistența minimă a izolației să fie de 1 000 ori tensiunea în volți utilizată. Măsurarea rezistenței se face cu megohmmetrul la tensiunea minimă de 100 V. La măsurarea rezistenței față de pămînt capetele conductorilor se desprind de la aparate și transmițători.

Se verifică întîi rezistența izolației întregului mănunchi de conductori și în caz că se obțin valori prea mici se trece la verificarea conductor cu conductor marcînd cu etichete conductorii cu rezistență necorespunzătoare.

Simultan cu măsurarea rezistenței izolației față de pămînt se poate face și verificarea rezistenței izolației între conductorii aceluiași mănunchi, iar conductorii cu rezistență necorespunzătoare se înlocuiesc.

Conductorii *p*H-metrelor trebuie să aibă o rezistență de izolație foarte mare și deci să arate la megohmmetru infinit.

Întrerupătoarele de la tablouri se verifică din punctul de vedere al rezistenței între conductori și față de tabloul metalic. Pentru cazul tablourilor metalice condițiile de izolare sînt mult mai severe.

Indicațiile unor aparate de măsurat sînt juste numai dacă rezistența rețelei exterioare a circuitului de măsură are o valoare constantă impusă de tipul și gradarea aparatului. Cu ocazia controlului se face ajustarea rezistențelor suplimentare pînă se obține valoarea prescrisă a rezistenței totale a circuitului exterior. Măsurarea rezistenței se face prin metoda punții, iar bobinele suplimentare se confecționează din manganin sau constantan care au coeficient mic de temperatură.

Rețelele de conducte se suflă în prealabil cu aer comprimat pentru îndepărtarea suspensiilor și prafului, în timp ce conductele se ciocănesc ușor pentru a se desprinde rugina din interior.

Conductele de impuls care lucrează cu presiune interioară mare se supun la probă hidraulică cu presă hidraulică și flanșă oarbă la cele două capete.

Se evacuează aerul din conductă și se lasă să circule apa refulată de pompă.

În timpul iernii se folosește în loc de apă petrol lampant. Presiunea de control este pentru regimul de presiune pînă la 4 kgf/cm² de două ori presiunea de utilizare, iar pentru presiuni peste 4 kgf/cm² o dată și jumătate presiunea de regim. Durata probei de presiune este de 10 min, timp în care nu este admis să se modifice indicația manometrului, iar apoi se reduce presiunea la presiunea de utilizare la care se menține timp de 10 min.

După proba de presiune se face proba de etanșeitate folosind o presiune de 4,0—0,5 kgf/cm² și trebuie să nu se observe apariție de picături sau pierderi de presiune mai mari de 3% (0,012 kgf/cm²).

Măsurarea presiunilor la proba de etanșeitate se face cu un manometru în formă de U plin cu mercur montat în paralel cu manometrul

Scanned with OKEN Scanner

de lucru și care are o scală de 350—500 mm col. Hg din care pierderea admisibilă la probele de etanșeitate reprezintă 9—10 mm col. Hg.

Conductele de impuls care lucrează cu presiune interioară mică (sub 1 kgf/cm²) se probează cu aer comprimat la 1,5—2 kgf/cm² pentru a se controla etanșeitatea și nu rezistența. În acest caz este suficientă și o presiune de 0,5—0,6 kgf/cm². Verificarea pierderilor de aer comprimat se face cu apă săpunată la îmbinări și armături. Se fac remedieri în locurile unde se observă pierderi și se repetă proba pînă la obținerea unor rezultate satisfăcătoare. Conductele care lucrează sub vid se verifică la un vid de 150 mm col. apă și se admite o cădere a vidului de maximum 10 mm col. apă pe minut.

Conductele de comandă cu aer comprimat se verifică la o presiune de 200 mm col. apă și se admite o cădere a presiunii de 5 mm col. apă în decurs de 5 min la fiecare sută de metri lungime de traseu.

Conductele de protecție pentru conductorii care au o tensiune utilă mai mare de 100 V și care lucrează în încăperi în care este pericol de explozie sau incendiu se verifică cu aer comprimat de 0,5 kgf/cm² pentru a se constata etanșeitatea și se admite o cădere de 5% în timp de cinci minute.

După terminarea probelor se suflă conductele cu aer pînă la uscare și rezultatul probelor se trece în procesul verbal.

Controlul de bază al montajului se referă însă la eroarea indicațiilor care nu trebuie să depășească:

— pentru termometrele cu mercur valorile indicate în tabela 7.21;

— pentru manometrele cu tub elastic valorile din tabela 7.22;

— aparatele de măsurat electrice au erori admisibile de 0,5; 1,0, 1,5 2,0 sau 2,5% în funcție de tipul aparatului;

Tabela 7.21

Limitele de măsurare, în °C	Felul de gradare a scării			
	0,5°	1°	2°	5—10°C
0—100	± 1	± 1	± 1	± 5
100—200	± 1	± 2	± 2	± 5
200—300	—	± 3	± 4	± 10
300—400	—	—	± 4	± 10
400—500	—	—	± 5	± 10

Tabela 7.22

Limita de măsurare, în kgf/cm²	0,5	1	3	6	8	12	16	20	30	40	50
Eroare ±, în kgf/cm²	0,02	0,04	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,5

— manometrele diferențiale au pînă la 30% din căderea de presiune o eroare de ± 2,0%, iar peste această limită o eroare de ±1,5%;

— eroarea admisibilă la mecanismele de ceasornicărie care acționează diagrama este de 5, 7 sau 10 min pe zi;

Scanned with OKEN Scanner

— eroarea de deplasare a diagramei acționate cu motor trebuie să fie cuprinsă între —1 și +4 min pe zi;

— eroarea aparatelor integratoare este de ± 1,5 sau ± 2,5% în funcție de tipul de aparat;

— erorile suplimentare datorită variației de frecvență a curentului electric trebuie să fie de maximum 2%;

— erorile suplimentare datorită variației cu +10°C (față de temperatura standard de 20°C) sînt ± 0,2, ± 1,0 sau ± 1,5% în funcție de tipul de aparat;

— eroarea de transmitere prin inducție a unei mărimi se poate considera ± 1 — ± 20% în funcție de schema de măsurare.

În mod obișnuit se verifică numai aparatele montate pe tablou și înainte de verificare se face o probă de funcționare mecanică a aparatului pentru a se controla modul de comportare în timpul transportului. Durata controlului sub supravegherea personalului de montaj este de 4—6 ore și se consemnează rezultatul în protocolul de recepție. Controlul se face cu aparate etalon verificate de organele de stat.

Aparatele de tiraj se controlează cu un manometru diferențial de control tip micromanometru, creînd un vid sau o presiune artificială cu ajutorul unei pompe pară de cauciuc capabilă să deplaseze acul indicator pe întreaga cursă directă sau inversă.

Manometrele se controlează prin metoda comparației cu indicațiile manometrului de control sau prin metoda manometrului cu piston și greutate, executînd verificarea în cel puțin cinci puncte de control al scalei dispuse pe 3/4 din domeniul total.

Manovacuummetrele se controlează pe partea de vid la un vid de 400 mm col. Hg și controlul se face la o cursă directă și o cursă inversă.

Termometrele manometrice se verifică cu termometrul cu mercur etalon scufundat împreună cu cartușul termic într-o baie de ulei încălzit și controlul se face la o cursă directă și una inversă.

Termometrele cu rezistență se verifică pe partea de logometru sau punte de echilibrare prin înlocuirea termometrului cu o cutie de rezistență etalon pe care se înregistrează valoarea corespunzătoare temperaturilor de control, care depinde de tipul aparatului conform tabelelor 7.23 și 7.24.

Tabela 7.23

Termometrul cu rezistență de cupru

Temperatura, în °C	—40	—20	0	20	40	60	80	100	120	140
Rezistența, în Ω	43,99	48,50	53,0	57,51	62,01	66,52	71,02	75,54	80,03	84,54

Se va ține cont și de rezistența rețelei de legătură care se adaugă la valoarea din tabela de reglare dacă cutia de rezistență nu se cuplează în

locul termometrului cu rezistență ci lîngă aparatul de indicare. Controlul se face din sută în sută de grade la o cursă directă și una inversă.

Tabela 7.24

Termometrul cu rezistență de platină

Temperatura, în °C	—150	—50	0	50	100	200	300	400	500
Rezistența, în Ω	27,54	36,85	46,00	55,01	63,89	81,25	98,08	114,37	130,12

Termocuplurile se controlează cu ajutorul unui cuptor tubular comparînd indicațiile cu ale termocuplurilor etalon. Dacă galvanometrul de indicare este gradat la o anumită valoare a rezistenței exterioare se creează prin cutii de rezistențe aceste valori care se leagă în serie. La verificare se ține cont prin calcul de influența temperaturii capetelor libere ale termocuplului care trebuie să fie măsurată cu o precizie de 0,5°C. Cînd nu există cuptorul tubular se poate utiliza și metoda comparării indicațiilor aparatului de verificat cu indicațiile aparatului etalon cînd ambele sînt supuse unei forțe electromotoare de la o sursă unică prin distribuitor.

Manometrele diferențiale se controlează creînd o diferență de presiune cu ajutorul unei pompe de aer și comparînd indicațiile aparatului de verificat cu indicațiile manometrului diferențial de control cu precizie de 0,3%.

Înainte de control se face verificarea etanșeității aparatului creînd o presiune egală cu 3/4 din căderea de presiune nominală și urmărind timp de 5 min variația presiunii cu ventilele închise. Controlul se face la măsurarea căderii de presiune în punctele 30, 50, 60, 70, 80 și 100% observînd cu atenție dacă scara aparatului indicator este uniformă sau pătratică pentru a putea prin calcul să se stabilească corelația dintre presiunea exercitată și indicația aparatului.

Integratoarele debitmetrelor se verifică în patru puncte de control corespunzînd la 0,3, 0,5, 0,8 și debitul maxim și pentru care se creează căderea de presiune rezultată din calcul. Se notează indicarea aparatului în momentul începerii verificării și se menține la primul punct de control (0,3) minimum 50 min, la al doilea punct de control (0,5) minimum 30 min, la al treilea punct de control (0,8) minimum 20 min și la debitul maxim cel puțin 15 min. Se citește noua indicație a indicatorului, se scade din indicația inițială și se compară cu debitul trecut prin aparat în mod teoretic la punctele de control. În calcul se ține cont de constanta aparatului extrasă din documentația tehnică de livrare. Pentru aparatele curente sînt valabile valorile din tabela 7.25.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.25

Cădere de presiune, %		30	50	60	70	80	100	
Vasul	1	3,6	10,0	14,4	19,6	25,6	40,0	mm Hg
	2	5,7	15,7	22,7	30,9	40,3	63,0	mm Hg
	3	9,0	25,0	36,0	49,0	64,0	100,0	mm Hg
	4	14,4	40,0	57,6	78,4	102,4	160,0	mm Hg
	5	22,5	62,5	90,0	122,5	160,0	250,0	mm Hg
	6	36,0	100,0	144,0	196,0	256,0	400,0	mm Hg
	7	56,7	157,5	226,8	308,7	403,2	630,0	mm Hg
	8	90,0	250,0	360,0	490,0	640,0	1 000,0	mm Hg

7.10. PROTECȚIA MUNCII LA LUCRĂRILE DE MONTAJ

În cadrul sectorului de montaj se vor lua următoarele măsuri:

— se vor folosi metode de muncă lipsite de pericol;

— se va organiza locul de muncă în conformitate cu prescripțiile tehnicii de securitate a muncii;

— se vor instrui muncitorii privitor la pericolul diferitelor metode de montaj;

— se vor pune la dispoziție dispozitivele și echipamentul de protecție;

— se va introduce controlul tehnic al stării utilajului, mașinilor-unelte și aparatajului;

— se vor exclude de la lucru muncitorii care nu au urmat instructajul de tehnică a securității muncii;

— se va ține evidența instruirii muncitorilor în mod periodic;

— se va ține evidența accidentelor de muncă;

— se va dota locul de muncă cu mijloace de prim ajutor;

— se va asigura accesul liber și fără pericol la toate locurile de muncă;

— se vor monta balustrade de înălțime minimă 1 m la marginea gropilor;

— se vor monta grilaje și plase de protecție în jurul părților mobile ale utilajelor;

— se vor pune la pământ instalațiile electrice în funcțiune;

— se vor monta instalații de iluminat de siguranță cu voltaj redus;

— se vor prevedea dispozitive de protecție a muncitorilor contra radiațiilor arcului voltaic de la lucrările de sudură electrică;

— se vor prevedea mijloacele de protecție ale muncitorilor care taie sau prelucrează metale;

— se va da sudorilor electrici și autogeni echipamentul de protecție respectiv;

— se vor păstra tuburile de oxigen și acetilena dizolvată pe stelaje speciale;

— se va verifica buna funcționare a mecanismelor de ridicat și transportat;

— se vor organiza și dota posturile de prim ajutor pentru accidentați;

Scanned with OKEN Scanner

— se vor da centuri de siguranță muncitorilor care lucrează la înălțime;

— se vor procura dulapuri pentru păstrarea îmbrăcămintei și a hainelor de protecție;

— se vor prevedea lavoare, spălătoare și băi cu apă caldă;

— se va face zilnic un scurt instructaj asupra tehnicii securității muncii la lucrările de montaj sub formă de convorbire. Noii angajați trebuie să urmeze cel puțin 10 ore de tehnică a securității muncii, iar cei transferați din alte munci vor avea cel puțin 4 ore de școlarizare.

Pentru cei transferați de la alt loc de muncă de montaj este obligatoriu un instructaj de o oră și pentru toată lumea se repetă instructajul o dată la 3 luni.

Muncitorii trebuie să cunoască următoarele principii de tehnică a securității muncii:

— lucrările se efectuează numai cu scule în stare bună de funcționare;

— se interzice lucrarea la polizor sau la aparatele de tăiere a metalului fără ochelari de protecție;

— se interzice a se lucra la instalațiile electrice sub tensiune fără mănuși și galoși de cauciuc;

— lucrările la înălțime mare se execută numai de muncitori avînd centurile de siguranță în bună stare;

— se interzice ridicarea greutăților fără dispozitive speciale (bărbații maximum 30 kg, femeile 20 kg sau împreună doi muncitori maximum 50 kg);

— tinerii pînă la 16 ani nu au voie să facă munci de încărcare și descărcare;

— se interzice lucrul cu scule electrice nepuse la pămînt;

— se interzice aruncarea de la înălțime a materialelor și sculelor și în special a tuburilor de oxigen și acetilenă;

— se vor monta generatorii de acetilenă la o distanță de 10 m minimum de la locul de sudură sau alt loc, iar tubul de oxigen la o distanță de 3—4 m;

— tuburile de oxigen se țin în poziție verticală și se feresc de razele soarelui;

— conductorii electrici nu vor avea locuri cu izolația desfăcută;

— fiecare muncitor trebuie să cunoască regulile de manipulare ale sculelor;

— se interzice prelungirea cheilor de strîns șuruburi cu bucăți de țeavă;

— se vor verifica ochelarii sudorilor electrici și oxiacetilenici;

— este interzis să se vorbească sau să se distragă atenția lucrătorilor care muncesc la înălțime.

În caz de prim ajutor se vor respecta următoarele normative:

— la contuzii fără rană se aplică tinctură de iod și comprese reci;

— la contuzii cu rană se folosește tinctură de iod și pansament;

— la pierderea cunoștinței se dă accidentatului să miroase amoniac;

— la arsuri nu se va umecta rana, nu se vor deschide bășicile formate și nu se vor rupe hainele;

Scanned with OKEN Scanner

— la electrocutare se scoate accidentatul de sub tensiune și i se face respirație artificială;

— în toate cazurile se anunță postul de prim ajutor să vină medicul.

Muncitorii care montează aparate de măsurat umplute cu mercur vor urma un curs special, fiindcă mercurul este toxic și se evaporă la temperatura ordinară. Se păstrează mercurul în vase speciale de fier sau cauciuc și se manipulează în camere speciale de muncitori care primesc cote suplimentare de lapte și sînt controlați periodic de medic la fiecare 3 luni.

Muncitorii și tehnicienii care montează aparatele de măsură trebuie să respecte prescripțiile tehnice de protecția contra incendiului specifice industriilor chimice.

7.11. REȚETE RECOMANDATE

Cleiul pentru lipirea scalelor din hîrtie Watman se face din cazeina obținută din brînza de vaci uscată care se spală cu apă rece, se stoarce și se diluează pînă la consistența necesară cu soluție de amoniac 25%. Se va păstra în loc răcoros într-un vas astupat.

Cleiul de amidon se obține din silicat de sodiu și gelatină dizolvate în apa care clocotește. Făina de cartofi se amestecă cu apă rece și apoi se toarnă în soluția clocotită. Amestecul se încălzește pînă la fierbere și apoi se răcește.

Cleiul de șelac se obține din soluția de ceapă tocată mărunt în alcool decantată 6 ore și filtrată prin tifon de două ori.Se prepară și soluția de camfor în alcool și se filtrează prin tifon, iar apoi se adaugă soluția de șelac în alcool. Amestecul se fierbe două ore în baie de apă legînd aparatul la un răcitor pentru condensarea vaporilor de alcool. După fierbere se adaugă soluția de ceapă și se continuă fierberea amestecului pînă la îngroșare. Cleiul format se filtrează prin trei straturi de tifon cu ajutorul unei pîlnii încălzite electric.

Cleiul nitrogliptalic se obține din anhidrida ftalică amestecată cu glicerină și încălzită într-un pahar pe o placă de azbest pînă la temperatura de 180°C amestecînd soluția foarte energic. Încălzirea durează 5 ore și se controlează rășina ftalică obținută prin dizolvare în acetonă rece. Rășina fierbinte se toarnă pe o placă metalică pentru răcire. Rășina ftalică obținută se fărîmițează în mojar și se dizolvă în dizolvanți împreună cu nitroceluloză amestecînd bine. Cleiul se păstrează în cutii ermetic închise.

Pasta pentru lipirea pieselor de cupru și alamă se obține din colofoniu topit la care se adaugă seu și se amestecă pentru omogenizarea masei. În alt vas se dizolvă în apă amoniac și clorură de zinc. Clorura de zinc se obține prin evaporarea soluției rezultate din reacția zincului cu acid clorhidric. Se toarnă împreună cele două amestecuri și se amestecă bine.

Pasta de lipire fuzibilă (180°C) pentru lipirea pieselor de cupru și aluminiu se obține din rumegușul aliajului plumb-staniu (plumb 15 părți în greutate, staniu 25 părți în greutate) cu soluție de lipit preparată prin reacția dintre zinc și acid clorhidric.

Scanned with OKEN Scanner

Acestui amestec i se adaugă pentru consistență glicerină și alcool în proporție 1 : 1. Pasta uscată se diluează cu glicerină.

Fondantul pentru lipirea cu aliaje moi bazat pe acidul ortofosforic se obține prin dizolvarea acestuia în amestecul de alcool etilic și apă distilată.

Are culoare violetă și după lipire resturile se spală cu apă sau alcool.

Fondantul bazat pe clorură de zinc și clorură de amoniu se obține prin dizolvarea amestecului în apă diluată și adăugînd apoi alcool metilic sau acid clorhidric.

Fondantul bazat pe alcool etilic și benzen se obține adăugînd în această soluție naftalină, clorură de zinc, glicerină și acid clorhidric. Se deosebește prin culoarea sa albastră și necesitatea spălării locului de lipire cu spirt denaturat.

Soluția de lipit se obține dizolvînd în apă distilată acid clorhidric și clorură de zinc.

Chitul pentru geamurile aparatelor se face din 75% praf de cretă cernut, amestecat cu 23% ulei de in fiert și 2% negru de fum, după ce amestecul a fost trecut printr-o mașină de frecat vopsele.

Chitul rezistent pînă la 60°C se fabrică pe bază de bitum și colofoniu care se dizolvă în benzină în malaxor tip ancoră. Se adaugă apoi grafitul măcinat fin și uscat în termostat la 70°C timp de 2 ore și caolinul măcinat fin și calcinat la 500°C timp de 2 ore. După terminarea adaosurilor se amestecă 5 min și se adaugă ulei de in fiert amestecînd 10 min. Produsul obținut se introduce în termostat 48 ore la temperatura de 65°C pentru a evapora parțial surplusul de benzină care a servit ca dizolvant astfel că se obține chitul pastă care se introduce în cutii cu capac ermetic. Chitul rezistent pînă la 120°C se obține pe bază de lac de bachelită care trebuie să aibă densitatea 1,12 la 20°C și o viscozitate de 20—40 s pentru pîlnia cu diametrul orificiului de 4 mm, reziduu uscat 50—80% și conținut de fenol liber 9—12%. Lacul de bachelită se diluează cu alcool etilic rectificat, pentru a obține densitatea de 1,05. Se amestecă cu ipsos cernut și vopsea neagră de email cu uscare la rece. Chitul refractar pentru fixarea țevilor de protecție din porțelan în armăturile termocuplurilor se face din argilă uscată decantată, șamotă măcinată și feldspat măcinat care se amestecă uscate și se cern prin sita de 900 ochiuri/cm². Praful obținut se amestecă cu silicat de sodiu pentru a se obține chitul care se usucă în 48 ore și rezistă la 800°C.

Garnitura presetupelor de la ventile se face cu amestec de seu topit și șnur de azbest care au fiert împreună și care după răcire a fost uns cu grafit.

Garnitura presetupelor la manometrele diferențiale trebuie să reziste la temperatura de 60°C și este făcută din vaselină 66%, grăsimi hidrogenate 5%, care după topire se amestecă cu soluție de cauciuc 11% și grafit 18% amestecînd continuu.

Etanșarea manșoanelor de legătură a aparatelor se face cu o pastă obținută din cauciuc nevulcanizat dizolvat în ulei de vaselină la cald și adăugînd soluției grafit, vaselină și grăsimi hidrogenate de tip solidol.

Scanned with OKEN Scanner

Etanșarea presetupei cartușului termometrului manometric se face cu șnur de azbest 40%, seu 50% și grafit 10%.

Etanșarea dispozitivelor de ungere a organelor de reglare cu temperaturi pînă la 100°C se face cu amestec de ulei mineral, sodă caustică și praf de mică.

Etanșarea dispozitivelor de ungere a organelor de reglare cu temperaturi de 150°C se face cu un amestec format din unsoare consistentă 20%, ulei mineral 75%, sodă caustică 3% și praf de mică 2%, obținută prin dizolvarea sodei caustice în ulei mineral și adăugarea unsorii topite și a prafului de mică.

Cernelurile pentru aparatele înregistratoare se obțin cu ajutorul următorilor coloranți: violet; albastru; metil violet; albastru metilen.

Cernelurile vîscoase se obțin amestecînd colorantul cu glicerină, fenol și apă distilată.

Cernelurile de viscozitate medie pentru potențiometre se obțin cu o cantitate mai mică de colorant, glicerină și fenol, prin diluarea în apă distilată.

Pentru a obține coborîrea temperaturii de topire a gheții, se folosesc substanțele din tabela 7.26.

Tabela 7.26

Substanța	Cantitatea, în g, la 100 g gheață	Coborîrea temperaturii, °C
Azotat de potasiu	13	—2,9
Clorură de potasiu	30	—10,6
Clorură de amoniu	25	—15,0
Clorură de sodiu	33	—21,2
Clorură de calciu	200	—35,0

Grundul pentru vopsirea cu ulei a tablourilor metalice de aparate se face din ulei de in fiert 15—25%, miniu de plumb 70—80%, white spirit 5%.

Pasta pentru spacluit înainte de vopsea în ulei se face din cretă 72—74%, ocru și miniu de fier 2—4%, ulei de colofoniu sau in fiert 23—24%.

Scanned with OKEN Scanner

8. REPARAREA APARATELOR DE MĂSURAT ŞI REGLARE

În uzinele chimice se înfiinţează secţii AMC care asigură înregistrarea corectă şi buna funcţionare a aparatelor de măsurat şi control aflate în exploatare. Extinderea ei depinde de numărul total de aparate de măsurat, complexitatea lor, importanţa în asigurarea unui proces tehnologic corect, rolul în economia întreprinderii etc.

8.1. SARCINILE SECŢIEI AMC

Secţia AMC din întreprinderi (aparate de măsurat şi control) are următoarele sarcini:

— evidenţa tuturor aparatelor de măsurat existente în întreprindere;
— elaborarea instrucţiunilor pentru exploatarea aparatelor de măsurat în concordanţă cu condiţiile din întreprinderea respectivă;
— controlul alegerii metodelor si mijloacelor de măsurat;
— redistribuirea aparatelor în interiorul întreprinderii;
— supravegherea, întreţinerea, controlul exploatării şi păstrarea aparatelor;
— prezentarea aparatelor de măsurat la verificările de stat;
— prelucrarea diagramelor şi înregistrărilor aparatelor;
— scoaterea din exploatare a aparatelor uzate sau neregulamentare;
— stabilirea cauzelor de rebutare a producţiei prin întrebuinţarea aparatelor de măsurat neprecise sau folosirea lor necorespunzătoare;
— elaborarea şi aplicarea măsurilor pentru prevenirea şi eliminarea pierderilor;
— studiul rezistenţei la uzură şi prelungirea duratei de exploatare a aparatelor de măsurat;
— schimb de experienţă cu alte organizaţii;
— întocmirea schemelor de verificare şi a graficelor de verificare;
— controlul lucrărilor de montaj ce se fac de către antreprize sau conducerea lucrărilor ce se execută în regie;
— repararea aparatelor de măsurat;
— recepţia aparatelor de măsurat reparate şi prezentarea la verificările de stat;
— recepţia aparatelor noi intrate în întreprindere;
— urmărirea reclamaţiilor calitative la uzinele furnizoare;
— întocmirea planurilor de aprovizionare cu materiale, scule şi piese de rezervă, necesare pentru repararea şi exploatarea aparatelor.

Secţia AMC şi automatică este subordonată inginerului şef.

Scanned with OKEN Scanner

În cadrul secției sînt următoarele echipe: de exploatare, de pirometrie, de debite și presiune, de regulatoare automate, de electronică industrială, de analizoare, de lăcătușerie mecanică și montaj, de supraveghere și evidență.

Comisia de recepție formată din maiștri și șefi de echipă recepționează aparatele intrate în reparație, iar după repararea lor recepționează aparatele în vederea prezentării la verificările de stat.

Cu ocazia examinării aparatelor intrate se întocmește fișa de defecte și apoi aparatul se trece la depozitul aparatelor de rezervă, materialelor și aparatelor intrate sau ieșite din reparații.

Echipele de exploatare efectuează operațiile de deservire curentă și supraveghere a aparatelor, regulatoarelor și instalațiilor de semnalizare instalate în secțiile tehnologice. Aceste echipe au următoarele sarcini:

— întocmesc acte de recepție a aparatelor noi intrate;
— încarcă cu cerneală, schimbă hîrtia diagramelor, întorc mecanismele de ceasornic, scot diagramele cu regimurile înscrise;
— reglează regulatoarele sau le trec la un nou regim;
— trimit diagramele la biroul de calcul prin planimetrare;
— verifică sistematic aparatele și instalațiile de măsurat și control montate;
— execută fără demontare reparații curente și preventive;
— înlocuiesc aparatele defecte cu altele bune și le trimit la reparat;
— recepționează proiectele și montaiele de aparate;
— supraveghează păstrarea aparatelor aflate în funcțiune;
— folosesc aparatele de control transportabile ale secției;
— păstrează și folosesc aparatele de rezervă pentru caz de avarie;
— instruiesc personalul secțiilor în folosirea AMC;
— păstrează certificatele aparatelor;
— întocmesc lista pentru piesele de rezervă necesare.

Echipa de pirometrie se ocupă cu gradarea la cald și gradarea la rece a termometrelor. Prin gradarea la cald se înțelege repararea și încercarea termometrelor cu mercur, a termometrelor manometrice, confecționarea elementelor necesare termometrelor cu rezistență. Se face și încercarea materialelor pentru termoelectrozi din care apoi se fac prin sudură termocupluri. Tot acestea ridică caracteristicile termocuplurilor și gradează pirometrele cu radiație.

Prin gradarea la rece se înțelege verificarea, reglarea și gradarea milivoltmetrelor indicatoare, înregistratoare sau de contact, a logometrelor indicatoare și înregistratoare, a potențiometrelor sau a punților echilibrate automate.

Echipa de debite și presiune se ocupă cu verificarea debitmetrelor, manometrelor și analizoarelor de gaze. Acești muncitori efectuează verificarea, reglarea și gradarea aparatelor primare, dispozitivelor de impuls, aparatelor secundare sau receptoarelor pentru:

— consumul cantităților și nivelul;
— contoarele de lichid acționate direct;

Scanned with OKEN Scanner

— manometre, vacuummetre și micromanometre;
— analizoarele cantitative ale amestecurilor de gaze.

Atelierul de lăcătușerie mecanică și de montaj se ocupă cu separarea mecanică a aparatelor, montajul lor, reglarea prealabilă, fabricarea și repararea pieselor. Aici se repară aparatele ce nu se gradează în laborator: relee, mecanisme de ceasornicărie ale aparatelor înregistratoare, organe de reducerea secțiunii etc.

Se execută montajul instalațiilor noi simple și se confecționează tablourile.

Laboratorul de supraveghere are ca sarcină atestarea aparatelor, emiterea fișelor tehnice, supravegherea exploatării aparatelor, întocmirea rapoartelor asupra producției și consumului energiei electrice pe baza prelucrării diagramelor aparatelor înregistratoare, controlul regimurilor tehnologice ale diferitelor agregate.

Evidența aparatelor trebuie să permită cunoașterea denumirii aparatelor, locul de montaj, utilizarea propusă aparatului, caracteristicile tehnice, condiții speciale cerute aparatului în exploatare, periodicitatea verificării, locul verificării, modul de verificare (metode și aparate).

Acest personal participă la executarea lucrărilor de verificare de stat și care se fac:

— la expirarea termenului stabilit la verificarea precedentă;
— după executarea reparațiilor capitale sau mijlocii;
— dacă marca verificării de stat a fost deteriorată prin operațiile de curățire.

Laboratorul organizează verificarea periodică a aparatelor la datele indicate în schemele de verificare și în graficele de lucru și retrage aparatele necorespunzătoare aflate în exploatare.

8.2. OPERAȚIILE GENERALE DE REPARARE ALE AMC

Operațiile generale de reparare ale AMC din industria chimică sînt următoarele:

— construirea cadranelor;
— lipirea cadranelor de hîrtie;
— fabricarea chernerelor;
— confecționarea arcurilor spirale;
— confecționarea cadrelor;
— repararea cutiilor aparatelor;
— repararea motoarelor electrice.

Construirea cadranelor constă în divizarea scării pe toată lungimea ei prin semnele intervalelor de bază sau ale intervalelor intermediare. În intervalele intermediare se trasează subdiviziuni. Scările uzuale se clasifică astfel:

— scări simple de profil în linie dreaptă;
— scări simple plane de formă circulară sau arcuită;
— scări duble de profil rectiliniu sau plane arcuite;
— scări cu mai multe rînduri de profil rectiliniu sau plane arcuite.

Scanned with OKEN Scanner

Grosimea diviziunilor pe scările cadranelor depinde de clasa de precizie (0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; sau 4) și dacă aparatul este de tip portativ sau pentru montare la tablou (obișnuit sau vizibile de la distanță).

Lungimea diviziunii și grosimea depind de dimensiunea scării care se încadrează în unul din tipuri, în funcție de lungimea lor, conform tabelei 8.1.

Tabela 8.1

Tip	1	2	3	4	5
Lungimea, în mm	<89	90—149	150—199	200—299	>300

Lungimea maximă a diviziunilor depinde de clasa de precizie, tipul de lungime și dacă scara este uniformă sau neuniformă.

Valorile diviziunilor scărilor poate fi aleasă numai din seria

$$1 \cdot 10^n;\ 2 \cdot 10^n;\ 5 \cdot 10^n$$

în care n este orice număr întreg pozitiv, negativ sau zero.

Lungimea minimă a intervalului între două diviziuni, la o scară uniformă, nu trebuie să fie mai mică decît eroarea admisibilă a aparatului. Pentru scările neuniforme lungimea intervalului se poate reduce pînă la 70% din valoarea erorii admisibile.

Acul indicator trebuie să acopere minimum 1/4 și maximum 3/4 din intervalul diviziunii minime pentru a se evita erori în timpul citirii. Aceste condiții nu se aplică aparatelor cu ace filiforme sau cu scări antiparalaxe unde condiția este ca acul să nu întretaie ambele muchii laterale ale aceluiași semn.

Scările antiparalaxe cu oglindă trebuie să fie mai scurte decît banda lor de oglindă la fiecare extremitate cu aproximativ jumătate din lățimea oglinzii, iar distanța la semnele diviziunii se admite maximum jumătate din lățimea oglinzii.

La desenarea scării se limitează vîrfurile semnelor de diviziune prin trasarea unei linii la limita domeniului acoperit de ac. Excepțional se admite utilizarea a două linii care să limiteze semnele cele mai scurte. Scările duble au semnele separate printr-o linie și așezate pe ambele laturi ale acesteia.

Numerele diviziunilor pe scări trebuie să aibă cel mult patru cifre pentru a se evita erori vizuale. Numerele mai mari se reduc prin aplicarea unei constante a scării 10^n, care se trece în fața notației mărimii sau pe cîmpul cadranului.

Numerele de citit se trec numai în fața diviziunilor principale, iar intervalul între două cifre trebuie să fie mai mare decît lățimea cifrei celei mai mari.

În fața semnului terminal se scrie pe scară numărul indiferent de categoria diviziunii respective.

Cifrele se așază simetric față de semnele de diviziune corespunzătoare fără ca devierea maximă a cifrei să depășească 1/4 din lățimea

unei cifre pentru scările orizontale sau 1/4 din înălțime pentru scările verticale.

Cifrele scărilor circulare sau înclinate se scriu vertical. Dimensiunea cifrelor depinde de dimensiunea scării, clasa de precizie și de modul de citire a scării (obișnuit sau de la distanță).

Pe cîmpul cadranului se mai trec următoarele însemnări:

1. Unitatea mărimii măsurate.
2. Felul curentului la aparatele bazate pe metode electrice de măsurat.
3. Tensiunea electrică de încercare.
4. Sistemul aparatului.
5. Poziția aparatului (orizontală, verticală, înclinată).
6. Clasa de precizie a aparatului.
7. Numărul de fabricație a aparatului.
8. Simbolul comercial.
9. Anul de fabricație.
10. Numărul standardului.
11. Denumirea aparatului.
12. Caracteristicile tehnice.

Lipirea cadranelor de hîrtie pe suporții de aluminiu se face după degresarea lor cu o soluție de sodă caustică 10%, spălare cu apă fierbinte și apă rece, uscare cu rumeguș și suflare cu aer comprimat. Se utilizează cîteodată și neutralizarea cu acid azotic și spălare cu apă rece înainte de uscarea cu rumeguș. Cadranul de hîrtie (cretată, barită, ofset) se lipește cu ajutorul cleiului de amidon, a cleiului de șelac sau a cleiului gliptalic, aplicate cu pensula. Suporții se pun sub presă 30 min și apoi la etuva de uscare 40—60 min la o temperatură de 40—50°C.

Se folosește și metoda încălzirii ușoare a suporților de aluminiu înainte de lipire, precum și uscarea în aer liber. Marginile hîrtiei se curăță cu o pilă.

Fabricarea chernerelor se face din oțel aliat sub formă de bare calibrate și șlefuite sau din sîrma trasă la rece cu diametru 0,75 mm. Se va controla ca suprafața să nu aibă defecte sau urme de coroziune și calitatea materialului de a fi ușor de lustruit.

Cu un strung de ceasornicărie se face conul de 60° cu ajutorul dispozitivului de făcut tăieturi oblice la 60° 45° și al pilei cu dantură fină.

Conul chernerului se netezește cu o piesă de oțel. Cu ajutorul unei pile triunghiulare se face tăietura a doua la 45° incompletă pentru a permite ruperea cu penseta a chernerului după scoaterea dispozitivului.

Chernerele se degresează în benzină ușoară și se usucă la aer cu hîrtie de filtru. Pentru păstrarea pînă la tratamentul termic sau la utilizare se țin în exsicator cu acid sulfuric, hidroxid de sodiu sau potasiu. Chernerele se țin în capsule de porțelan.

Tratamentul termic se face în cuptor electric tubular, sub un strat de mangal așezat pe o tablă de oțel. Cărbunele de lemn este uscat și pisat fin.

Scanned with OKEN Scanner

Se face amestecul 5/6 părți (volume) cărbune de lemn și 1/6 părți (volume) sodă calcinată măcinată și chernerele se țin 10 min la temperatura de 780°C după care se aruncă într-un vas cu ulei curat la 20°C. Uleiul trebuie să fie de in sau floarea soarelui. Chernerele se scot din ulei cu un magnet, se degresează cu benzină, se spală cu alcool rectificat și se usucă cu hîrtie de filtru. Pentru demagnetizare se pun chernerele într-un pachet de hîrtie timp de 2 s într-un cîmp magnetic și apoi se scot încet afară. Operația se repetă de 3—5 ori.

Verificarea calității chernerului se face prin trasarea urmei pe geam la apăsare ușoară cu ajutorul cleștelui patent. Se vor aprecia efortul, lățimea urmei și culoarii sticlei în urmă. După această probă chernerul se rupe prin apăsarea laterală pe o bară de metal și se apreciază efortul, care trebuie să fie mediu.

Curățirea de scoria apărută în urma tratamentului termic se face prin frecarea chernerelor între două coli de hîrtie de șlefuit cu granulația 30—40.

Se șterg chernerele cu bucăți pufoase de bumbac și se spală cu benzină pe o sită metalică, apoi se usucă cu hîrtie de filtru și se șterg.

Șlefuirea și lustruirea se fac pe strungul de ceasornicărie la 2 000 rot/min cu pile de șlefuit înclinate la 30° pînă dispar urmele de prelucrare cu pila.

Vîrful ascuțit al conului capătă o formă sferică. După șlefuire se curăță chernerul prin perforarea unei hîrtii de filtru. Lustruirea conului se face cu pastă de șlefuit de granulație mijlocie aplicată pe o bucată de piele și acționînd repetat timp de 25 s pînă dispar rizurile făcute în timpul șlefuirii. Pasta se îndepărtează prin cufundarea 5 min în amestec de acid sulfuric concentrat, bicromat de potasiu și apoi se spală cu sodă, apă distilată, alcool rectificat, urmată de uscarea pe hîrtie de filtru.

Lustruirea fină se face cu oxid de crom prin același procedeu.

Verificarea razei de rotunjire și a calității de lustruire a conului se face cu un microscop care mărește de 100 ori folosind lumină difuză. Raza de rotunjire și unghiul conului se determină cu șabloane desenate la o scară egală cu puterea de mărire a microscopului.

Manipularea chernerelor se face cu pensete curate din material antimagnetic.

Confecționarea arcurilor spirale se face folosind sîrmă de bronz.

Procesul de fabricare a arcurilor se compune din trefilare, vălțuire, înfășurare, tratare termică, tăiere, îmbătrînire și determinarea momentului arcului. Prin trefilare se obține diametrul sîrmei 0,09—0,19 mm, iar înainte de vălțuire se curăță de oxizi prin spălare cu trei soluții decapante (acid oxalic, amoniac, alcool pur). Prin vălțuire se urmărește să se obțină grosimea uniformă a benzii 0,022—0,051 ± 0,002 mm. Diametrele exterioare sînt tipizate la 11 și 11,5 mm și de aceea benzile se taie la lungimea de 330 mm sau 390 mm pentru a obține prin înfășurare două spirale. Spiralele se așază în capsule, iar acestea în tuburi de oțel umplute cu azbest uscat și închise ermetic. Cuptorul electric se încălzește la 325°C și apoi se introduce tubul cu arcuri timp de 60 min. Se scoate

Scanned with OKEN Scanner

tubul și se răcește la aer. Spiralele se scot și se taie la mijloc ca foarfeca. Final se spală cu tetraclorură de carbon. Se așază arcurile în straturi separate cu hîrtie pergament și cutia se introduce pentru îmbătrînire 4 ore la temperatura de 100°C a termostatului.

Controlul se face prin torsionare la 720°C timp de 15 min și deformația maximă trebuie să fie 0,5°, iar după torsionare 24 ore de cel mult 1°.

Culoarea și forma se studiază cu o lupă care mărește de 20 ori pentru a constata forma plană spirală și suprafața curată.

Momentul arcurilor se compară cu arcurile de precizie etalon pentru răsucirea sistemului mobil cu un unghi de 90° și se citește valoarea în mg · cm care trebuie să se încadreze între limitele din tabela 8.2.

Tabela 8.2

Grosimea benzii, în miimi de mm	23	26	32	36	39	42	44	46	50
Moment — minim, în mg · cm	4	7	11	15	20	25	30	40	50
Moment — maxim, în mg · cm	7	11	15	20	25	30	35	50	60
Rezistența maximă, în Ω	1,4	1,0	0,86	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5

Confecționarea cadrelor se face prin bobinare pe șabloane, care depind de tipul milivoltmetrului, limitele scării aparatului etc. și astfel se definește numărul de spire, rezistența la 20°C, diametrul pentru sîrmă de cupru sau aluminiu. Se controlează în final greutatea activă, greutatea de balast și greutatea totală. Se lasă la fiecare bobină 25 mm capete.

Bobinarea se face manual lipind fiecare strat cu lac de bachelită. Numărul de învîrtituri a șablonului se înregistrează de un contor cuplat pe ax. Înainte de bobinare șablonul se unge cu vaselină, iar după controlul operației de curățire cu soluție de sodă caustică 1/4.

Cadrul bobinat și cu șablonul se introduc în termostat și se usucă la 120°C timp de 20 min și apoi se lasă să se răcească la aer. După scoaterea cadrului de pe șablon se dă stratul de bachelită care se usucă la temperatura camerei timp de 8 ore. După uscare se preîncălzește cadrul la 50°C, se introduce în polimerizator la o presiune de 5 kgf/cm², se supune unei încălziri de la 45 la 120°C timp de 45 min, se menține la 120°C timp de 2 ore și se răcește pînă la 50°C în timp de 30 min. Se reduce presiunea pînă la presiunea atmosferică și cadrul se scoate din polimerizator. Cadrele cu carcasă se confecționează printr-o tehnologie similară.

Repararea cutiilor aparatelor se face de obicei prin spacluirea suprafeței și vopsire. Spacluirea se face cu grund nitric direct peste vopseaua veche cu uscare la 130°C timp de 2 ore. Se polizează suprafața cu pînză

emeri cu granulaţia 120, care asigură rugozitatea necesară bunei acoperiri cu vopsea. Vopsirea în culoare neagră se face cu email-lac şi nitrolac, aplicate cu pulverizatorul pentru a obţine o suprafaţă mată sau cu pensula pentru a obţine o suprafaţă lustruită. Se usucă la temperatura camerei timp de 2 ore.

Curbarea geamurilor fasonate se face pe şablon de oţel în cuptor electric timp de 5 min la 680°C.

Etanşarea geamurilor se face cu garnituri de cauciuc sau cu chituri pe bază de ulei de in fiert, cretă şi negru de fum, care se usucă la aer în 12 ore.

Chiturile rezistente pînă la 60°C sînt făcute pe bază de colofoniu, grafit, bitum, caolin şi ulei de in fiert. Chiturile rezistente pînă la 120°C se bazează pe lac de bachelită şi ipsos, iar uscarea are loc 8 ore în aer la 20°C şi 2 ore în termostat la 70°C înainte de curăţire şi 2 ore în termostat la 90°C după curăţire.

Repararea motoarelor electrice are drept scop curăţirea, verificarea şi înlăturarea frecărilor între ansamble şi ajustarea pieselor care freacă.

La demontarea periodică se îndepărtează şaiba de fixare a axului reductorului şi miezul de fier al circuitului magnetic, iar prin încălzire se dezlipeşte cutia reductorului. Reparaţia curentă constă în confecţionarea de paliere noi la axele roţilor dinţate — prin aplicarea bucşelor de alamă. Fusurile se şlefuiesc obligatoriu cu pastă. La montaj se lasă un mic joc longitudinal la toate axele pentru a nu produce frînarea ansamblului.

Lagărul se montează după umplerea spaţiului reductorului cu ulei.

Atenţie mare trebuie dată la lipirea cutiei reductorului şi aplicarea garniturilor de plumb.

La motoarele asincrone monofazate cel mai des se defectează ansamblul deconectorului înfăşurării de pornire ceea ce duce la supraîncălzire şi arderea înfăşurării. După montarea motorului se verifică jocul longitudinal al rotorului şi curentul de funcţionare care nu trebuie să depăşească 0,33 A.

8.3. REPARAREA TERMOMETRELOR

Termometrele manometrice cu gaze se defectează datorită următoarelor cauze:

— neetanşeitatea sistemului termic (tub capilar şi rezervor de azot);
— astuparea tubului capilar sau deteriorarea lui;
— slăbirea mecanismului de acţionare a peniţei;
— astuparea canalului peniţei sau lipsa de contact cu diagrama;
— frecări puternice în sistemul cinematic sau de scriere;
— defectarea motorului de acţionare.

Reparaţiile încep cu verificarea sistemului cinematic pentru a constata dacă la lagăre şi transmisii nu există jocuri sau frecări excesive.

Umplerea ansamblului cu azot se face după verificarea etanşeităţii cartuşului termic şi a tubului capilar într-un rezervor cu apă şi a arcului

cu multe spire într-un vas cu benzină pentru a evita coroziunea pieselor. Aceste probe se fac la o presiune de 20—30 kgf/cm², iar învelișul de protecție a tubului capilar se scoate pentru a se putea examina punctul de scurgere a gazului.

La locul deteriorat se montează o garnitură de tablă de cupru care se lipește cu cositor. Cartușul termic se etanșează prin lipitură tare. Arcul cu multe spire nu se lipește, fiindcă prin aceasta se modifică caracteristica rectilinie și rezultă neconcordanță între gradațiile scării și indicații.

Arcurile de măsurare trebuie să aibă caracteristicile din tabela 8.3.

Tabela 8.3

Scara aparatului, în °C	110	150	200	300
Caracteristica P_x, în kgf/cm²	10—12	12—14	12—14	12—16
Coeficient de siguranță	4	2,5	2,5	2,5

Presiunea inițială de realizat în ansamblul termic se calculează cu relația:

$$P_i = \frac{273}{t_{max} - t_{min}} P_x \qquad (8.1)$$

în care:

P_i este presiunea inițială a azotului, în kgf/cm²;

P_x — presiunea la care arcul se desfășoară cu un unghi de 50° (caracteristica arcului), în kgf/cm²;

t_{max} — temperatura maximă de pe scara aparatului, în °C;

t_{min} — temperatura minimă de pe scara aparatului, în °C;

$k = \frac{273}{t_{max} - t_{min}}$ este standardizat în funcție de limitele de măsurare din tabela 8.4.

Tabela 8.4

Limita, în °C	—50 +50	0—110	0—150	0—200	0—300
k	2,73	2,40	1,85	1,35	0,90

Dacă lungimea tubului capilar este sub 20 m presiunea azotului se reduce prin înmulțire cu 0,96.

La umplere se trece azotul prin reductorul de la butelie și reductorul suplimentar pentru ca pătrunderea să fie fără șocuri și să se poată controla la manometru că nu s-a depășit valoarea prescrisă. Cînd s-a atins această valoare se lasă să pătrundă azotul prin tubul capilar în cartușul termic și fiindcă presiunea scade puțin se repetă de mai multe ori operația de umplere pînă se obține în tot circuitul presiunea de calcul. Ramificația capilară de alimentare cu gaze se turtește cu ciocanul, se taie și se verifică etanșarea cu un pahar de apă. După verificarea etanșeității se lipește cu cositor fără folosirea acidului de decapare.

Scanned with OKEN Scanner

Montarea sistemului cinematic se face cu corectorul rotit pînă la refuz şi puntea indicatoare fixată în poziţie extremă. Acul indicator sau peniţa se fixează în poziţie mediană faţă de punte.

Reglarea constă în potrivirea indicaţiilor conform termometrului etalon cu mercur la începutul şi sfîrşitul scării.

Cartuşul termic se introduce 10 min în baia umplută cu gheaţă şi apă. Cu ajutorul corectorului sau a schimbării poziţiei pîrghiei, se aduce peniţa la zero. Termostatul cu ulei prevăzut cu termometru etalon cu mercur se aduce la valoarea limitei superioare şi atunci se introduce cartuşul termic în el şi se menţine 10 min. Se roteşte capul noniusului pînă ce se obţine coincidenţa.

Reglarea cursei peniţei se repetă pînă se obţine coincidenţa între citirile termometrului etalon şi ale aparatului în punctele extreme ale scării cu deviaţii în limitele erorii admisibile. După reglare se demontează scara de reglare şi se montează cadranul la loc pentru a se face controlul aparatului.

Eroarea admisibilă raportată la indicaţiile termometrului, la o temperatură a mediului înconjurător de 20°C nu trebuie să depăşească ± 2% din gama scării.

Diferenţa între indicaţiile termometrului pentru aceeaşi diviziune a scării la temperatura în creştere sau descreştere nu trebuie să fie mai mare ca eroarea admisibilă. Citirea indicaţiilor în scădere se face după menţinerea timp de 5 min la diviziunea maximă a scării.

Nerevenirea acului la zero se admite cu o distanţă egală cu valoarea erorii admisibile.

Termometrele cu rezistenţă se repară prin înlocuirea sau recondiţionarea elementului sensibil vechi. Rezistenţa electrică de platină se face cu sîrmă recoaptă cu diametru 0,07 ± 0,005 mm de 1 950—2 000 mm lungime şi 0,16 g greutate. Carcasa se face din mică cu margini zimţate cu ajutorul unui bac de filetare cu diametrul de 8 mm (filet metric fin cu pasul 0,75 mm). Ca suport se utilizează o tijă de metal filetată şi care are o crestătură de 1 mm lăţime şi 140 mm lungime pentru a cuprinde trei plăci de mică. Capetele de ieşire se fac din sîrmă de argint cu diametru 1,0 ± 0,05 mm laminate la cap sub formă de bandă 0,5×2,5 mm pe o lungime de 25—30 mm.

Bobinarea se face bifilar şi se sudează sîrma de platină cu sîrma de argint fără aliaj de lipit, în flacără. Carcasa cu înfăşurarea se acoperă cu garnituri de mică şi se fixează cu bandă de argint de secţiune 0,25×1,5 mm.

Pe capetele de ieşire de argint se fixează izolatori de porţelan cu două canale şi apoi elementul se plasează în bucşa de aluminiu care se introduce într-un înveliş subţire de cauciuc şi se ţine într-un amestec de apă cu gheaţă 15 min. Se măsoară rezistenţa elementului care trebuie să fie 46 ±0,05 Ω în caz contrar se face ajustarea rezistenţei la valoarea dată prin schimbarea dimensiunii nodului.

Rezistenţa electrică de cupru se bobinează pe carcase de bachelită sau cupru ori textolit bachelitizat ulterior. Sîrma de cupru are diametrul 0,1 ± 0,005 mm, 32 m lungime şi o greutate de 32 g. Se trece sîrma prin

Scanned with OKEN Scanner

orificiul carcasei lăsînd liberă o bucată de sîrmă de 100—120 mm. Se așază sîrma în opt straturi unse fiecare cu lac gliptalic. Capetele se curăță de izolație și elementul terminat se usucă în termostat la 150°C timp de 2 ore. În același termostat se face îmbătrînirea prin menținerea timp de 6 ore la 150°C.

După îmbătrînire elementul se scoate și se răcește la temperatura camerei timp de o oră. Rezistența bobinei trebuie să fie 55 Ω pentru 0°C.

Coeficientul de temperatură al rezistenței electrice a sîrmei de cupru α_0 s-a admis a fi $4{,}25 \cdot 10^{-3}$, iar dacă realmente are altă valoare se utilizează sîrmă de nichel ca adaos la înfășurarea de cupru dacă valoarea este mai mică și sîrma de manganin dacă valoarea este mai mare.

Valoarea rezistenței adaosului se calculează cu relația

$$y = 75{,}33 - x\,(1 + \alpha_{Cu}\,100) \qquad (8.2)$$

în care:

x este rezistența de cupru la 0°C;

α_{Cu} — coeficientul de temperatură a rezistenței electrice a sîrmei de cupru.

Se poate calcula adaosul la elementul rezistenței electrice de cupru cu ajutorul tabelei 8.5.

Tabela 8.5

$\alpha_{Cu} \cdot 10^{-3}$	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,27	4,28	4,29	4,30
R_{Ni}, în Ω	4,80	4,11	3,52	2,86	2,14	1,50	—	—	—	—
R_m, în Ω	—	—	—	—	—	—	0,23	0,36	0,48	0,60

Conductorii de adaos au diametrul 0,1—0,15 mm și se înfășoară pe carcasă între bordurile speciale și se acoperă cu panglică de mătase.

Capetele bobinajelor se răsucesc și se lipesc cu aliaj folosind fondant și ciocan electric de lipit. După ce a stat cel puțin 15 min la 0°C rezistența elementului trebuie să fie 53 ± 0,1 Ω. Conductorul se fixează cu fir de mătase și apoi se lăcuiește în două straturi, cu o uscare la 110°C timp de o oră a primului strat. Cînd se înmoaie în lac elementul trebuie să aibă 130°C. După lăcuire elementul se introduce în etuvă la 100°C și pentru întărirea peliculei se ridică temperatura la 150°C și se menține timp de 5 ore.

Partea superioară a elementului se înfășoară cu azbest și se introduce în țeava de alamă de protecție cu diametrul 7—8 mm și care la capăt este strînsă. La element se lipesc capete de ieșire din cupru împletite cu azbest îmbibat în lac de bachelită și la care se lipesc conductorii de cupru izolați cu email care au lungimea tecii de protecție a termocuplului.

Scanned with OKEN Scanner

La verificarea ieşirii din fabricaţie se controlează izolarea capetelor de intrare, starea chernerelor, bobinajul elementului sensibil şi carcasa.

Pentru verificare, elementul sensibil se introduce în eprubeta de sticlă de 12 mm, cu tub metalic de protecţie la termometrul de cupru şi fără tub de protecţie la termometrul de platină. Punctul 0°C se realizează în vas Dewar cu gheaţa fărîmiţată mărunt şi apă distilată saturată cu aer. Punctul 100°C se realizează într-un fierbător de apă din care aburul ţîşneşte prin ţeava de evacuare.

Adîncimea de scufundare a elementului sensibil este 200 mm, iar menţinerea în aparat înainte de măsurători este 15 min. Măsurarea rezistenţei termometrului se face prin metoda compensaţiei cu ajutorul potenţiometrului prin compararea căderii de tensiune pe termometru cu căderea de tensiune pe rezistenţa model de 100 Ω. Curentul care trece prin termometru nu trebuie să depăşească 10 mA şi măsurătoarea se face cu miliampermetrul magnetoelectric cu scara pînă la 15 mA. Se citesc indicaţiile termometrului înainte şi după măsurătorile cu potenţiometrul.

Încercarea izolaţiei se face cu megohmmetrul şi trebuie să fie obţinute valori mai mari de 2 MΩ cînd se face la tensiunea de 500 V.

Logometrele se pot defecta din următoarele cauze:

— montajul incorect al schemei de legături interioare;

— ruperea intrărilor fără moment ale cadrului cu întrefier constant sau variabil;

— întreruperea circuitului cutiei de rezistenţe care înlocuieşte termometrul;

— ruperea sîrmelor sau scurtcircuit în bobine;

— scurtcircuit în cutia cu rezistenţe care înlocuieste termometrul;

— frecări în sistemul mobil din cauza uzării vîrfului, apariţiei oxizilor de metal în cavitatea lagărului axial de agat, pătrunderea prafului în întrefierul dintre miez şi piesele polare, deformarea cadranului etc.;

— griparea axului în lagărul axial de agat datorită lipsei jocului axial;

— polaritatea alimentării schemei nu este corectă;

— aşezarea greşită a magnetului sau polaritate greşită a cadrului;

— montarea greşită a cadrelor în carcasă sau conectarea lor la alt circuit;

— deranjarea echilibrului sistemului mobil prin deformarea cadrului sau deplasarea contragreutăţii de echilibrare;

— defectarea întrerupătorului cu mercur care deconectează sursa de alimentare în timpul conectării;

— momentul arcului indusului este mic sau mare şi declanşarea dispozitivului de rapel nu se face la tensiune de 2—3 V.

Se demontează carcasa, bateria, consola şi soclul şi se examinează exterior piesele aparatului: calitatea lipiturilor schemei, starea de curăţenie a părţilor separate, integritatea intrărilor fără cuplu rezistent, existenţa particulelor străine în întrefier, deplasarea cadrelor în întrefier şi a acului.

Se demontează sistemul mobil dacă este nevoie şi se înlocuiesc axele şi lagărele axiale de agat, se aşază lagărul axial în pistonaşul fixat cu

Scanned with OKEN Scanner

șurubul de oprire, apoi arcul. Se creează jocul necesar între vîrfuri și lagărele axiale de agat și apoi se fixează lagărul axial superior. Montarea sistemului magnetic se face cu polul nord al magnetului pe stînga cînd cadranul aparatului se află în fața monterului. Lipirea intrărilor fără cuplu rezistent se face cu ajutorul cositorului sau folosind aliaje ușor fuzibile și fondant. Bobinele de rezistență se confecționează pe bază de calcul sau tabele informative și se realizează cu înfășurare bifiliară.

Legăturile se deosebesc prin culoarea izolației. Controlul legăturilor se face cu ajutorul sursei de tensiune reglabilă legînd cadrul cu întrefier constant și apoi cadrul cu întrefier variabil, iar acul trebuie să devieze în primul caz spre începutul scării și în al doilea caz spre sfîrșitul scării, dacă polaritatea este corectă.

Se verifică rezistența de izolație și frecările sistemului mobil înainte de echilibrarea sub curent. Aparatul se plasează în poziția normală de lucru, se alimentează și se conectează cutia de rezistențe în locul termometrului. La o diviziune corespunzătoare temperaturii medii de pe scară, se notează poziția acului față de scară și se rotește aparatul cu 90° pentru ca axul și vîrful acului să fie în același plan orizontal.

Dacă acul se lasă în jos, momentul acului indicator este mai mare decît momentul contragreutăților care se mărește prin lungirea pîrghiei. Dacă acul se ridică în sus se mută greutatea prin rotire de-a lungul furcii spre ax. Se rotește apoi aparatul cu 90° în același plan pînă cînd acul se îndreaptă vertical în jos și dacă acul se deplasează de la mijlocul scării spre dreapta momentul greutății din stînga este mai mare decît al greutății din dreapta și invers dacă deviația este spre stînga. Se deplasează greutățile și se repetă operațiunea de echilibrare pînă ce așezînd aparatul în cele trei poziții nu se depășesc limitele erorii admisibile.

Bobinele rezistențelor se fac din manganin cu diametrul 0,1—0,35 mm și au valorile determinate în funcție de tipul termometrului (cupru sau platină) și limitele scării în °C. Precizia de fabricație a rezistențelor este $\pm 2\%$, iar rezistența circuitului exterior este 5 Ω.

Cadrul se realizează pe un șablon de 28×8×5 mm cu sîrmă de cupru de diametrul 0,08 ± 0,003 mm, numărul spirelor 175 ± 3, iar rezistența cadrului trebuie să fie 41—50 Ω. Rezistența celor două cadre nu trebuie să difere cu mai mult de 1 Ω. Axele au raza de curbură 80 ± 50 μ iar lagărul axial din agat are raza de curbură 325 ± 25 μ. Intrările sînt făcute din aur și au lungimea 40 ± 5 mm. Arcul dispozitivului de revenire are cuplu la 90°C de 50—54 mg · cm. Înfășurarea electromagneților se face din sîrmă de cupru cu diametrul 0,12 mm, numărul spirelor 1 400 ± 100, rezistența 50 ± 10 Ω, fluxul magnetului deschis 20 000 Mx.

La aparatele care au întrerupător automat pentru curentul de alimentare se controlează funcționarea lui și se reglează astfel ca deconectarea lui automată să se producă cu cel puțin o secundă înainte de deconectarea unui punct și conectarea alimentării corespunzătoare după conectarea punctului următor.

Calculul rezistențelor schemei logometrelor se face pe baza raportului dintre curenții din cadrele logometrului în poziția inițială și finală a acu-

Scanned with OKEN Scanner

lui pe scară. La începutul scării raportul trebuie să fie 1,2—1,4, iar la sfîrşitul scării 0,5—0,6. Valoarea curentului în cadre se alege în funcţie de tipul termometrului (cupru sau platină), limitele scării şi rolul cadrului (cu întrefier constant sau cu întrefier variabil).

Gradarea logometrelor se face în poziţia normală de montaj după conectarea sursei de alimentare, acumulator cu tensiunea 4 V. Se leagă conductori izolaţi de cupru cu rezistenţă cunoscută şi lungime de 1 m la ieşirile rezistenţelor R_m şi R_1 şi în locul lor şi al termometrului se introduc cutii de rezistenţă. Se variază cutia de rezistenţe R_m pentru o valoare a rezistenţei circuitului exterior de 5 Ω, pînă ce acul se aduce la începutul scării. Se fixează rezistenţa termometrului pentru sfîrşitul cursei şi se reglează R_1 pînă ce acul ajunge la capătul scării. Se introduce rezistenţa termometrului corespunzătoare începutului scării şi se verifică divizunea iniţială, iar în caz de nepotrivire, se rectifică valoarea R_m executînd de mai multe ori succesiv operaţia. Se execută bobinele R_m şi R_1 la valorile din fişa de gradare, se montează şi apoi se face reglarea părţii mecanice a sistemului cinematic. Se stabilesc valorile corespunzătoare ale termometrului pentru diviziunile numerotate ale scării. Se trag semnele pentru desenarea riglei de gradare. Se dezlipeşte racordul de şuntare şi se introduce bobina echivalentă R_{ech} cu condiţia ca acul să cadă apoi pe linia roşie de control.

La verificarea aparatului ieşit din reparaţii se determină eroarea fundamentală a logometrului, variaţia indicaţiilor, echilibrarea, dependenţa înregistrărilor de tensiune a sursei de alimentare, rezistenţa de izolaţie, concordanţa scării cu diagrama, eroarea riglei de calcul şi viteza de deplasare a diagramei.

Tensiunea de alimentare se menţine egală cu 4 V.

Eroarea fundamentală şi variaţia indicaţiilor se face pentru toate diviziunile scării prevăzute cu cifre. Încercarea echilibrării aparatului se face pentru trei diviziuni ale scării: zero, mijloc şi final înclinînd aparatul cu 5° în patru direcţii, ciocănind puţin aparatul înainte de citire. Determinarea influenţei tensiunii se face la 3,2 şi 4,8 V pentru trei diviziuni ale scării: zero, mijloc şi final. Verificarea calităţii înregistrării şi comutării se face cu ajutorul sursei de tensiune reglabilă şi cutiei de rezistenţe, folosind tabelele de gradare ale termometrului cu rezistenţe pentru şase diviziuni ale aparatului.

Eroarea fundamentală nu trebuie să depăşească 1,5% din gama scării ca şi variaţia indicaţiilor, eroarea suplimentară provenită din neechilibrarea aparatului şi eroarea suplimentară datorită variaţiei tensiunii sursei de alimentare. Eroarea riglei de calcul nu are voie să depăşească 0,3% din gama scării. Linia iniţială a diagramei trebuie să coincidă cu diviziunea iniţială a scării, iar linia finală a diagramei poate diferi cu maximum ± 1 mm.

Viteza de deplasare a diagramei trebuie să fie constantă cu o eroare de ± 10 min în 24 ore de lucru. Rezistenţa de izolare a circuitelor de măsurare a logometrului trebuie să fie de minimum 2 MΩ, iar a circuitului motorului faţă de carcasa lui de cel puţin 10 mΩ.

Scanned with OKEN Scanner

Termocuplurile se demontează, se curăță și se examinează electrozii, capetele lor active, bornele de pe bucșa capului și tecile de protecție. Termoelectrozii de metale obișnuite care au funcționat la temperaturi înalte pot prezenta fisuri transversale datorită tensiunilor mecanice, folosirii izolatorilor cu două canale sau rezemării termocuplului pe fundul armăturii de protecție. Termoelectrozii de metale nobile care au tăieturi (crestături) se rup în locul respectiv și se sudează. Aceste termocupluri se scot din izolatori, se suspendă pe trepiede și se conectează la reteaua de curent alternativ printr-un reostat care permite reglarea valorii curentului și supravegherea cu un ampermetru. Termoelectrozii se încălzesc la 1 300°C timp de o oră la un curent de 10,5—11,5 A. Controlul se face cu pirometrul optic, la temperatura de strălucire de 1 180°C. În timpul recoacerii termoelectrozii se spală cu borax praf de 3—4 ori, sau se lasă să curgă liber de-a lungul lor o picătură de borax.

După curățire boraxul se îndepărtează prin spălare cu apă distilată și termocuplul se recoace din nou. Dacă termoelectrozii rămîn duri înseamnă că au absorbit siliciu și se curăță prin afinare la fabrică. După recoacere se verifică omogenitatea sîrmei termoelectrozilor racordați la un milivoltmetru și încălzită local cu ajutorul unui mic cuptor electric tubular care permite trecerea sîrmei pe toată lungimea ei. Dacă sîrma este neomogenă acul deviază față de punctul zero și porțiunea neomogenă se taie, capetele se sudează și locul sudat se verifică în ceea ce privește omogenitatea. Se admite o forță termoelectromotoare egală cu jumătatea erorii admisibile pentru forța termoelectromotoare a cuplului. Termocuplul se confecționează din termoelectrozi noi și numai în cazuri excepționale se admite confecționarea de vîrfuri active noi.

Materialul se verifică din punctul de vedere al omogenității și naturii materialului prin măsurarea forței termoelectromotoare la diferite temperaturi a unui vîrf activ făcut prin cuplare cu platină pură cînd temperatura capului liber se menține la 0°C. Pentru fiecare material (cromel, alumel sau copel) sînt patru clase de material (I, II, III și IV) care dau pentru aceeași temperatură a vîrfului activ forța termoelectromotoare crescătoare, pentru cromel și descrescătoare pentru alumel și copel.

Termocuplurile sînt standardizate și materialul pentru ambii electrozi trebuie să fie de aceeași clasă. Sudarea termocuplurilor se face cu arc electric de tensiune alternativă 24 V obținută prin transformator 220/12 sau 110/12 V de putere 300 W și care au conectate în serie înfășurările secundare.

La una din bornele înfășurării secundare se leagă termocuplul răsucit din metale obișnuite în timp ce la a doua bornă se leagă electrodul de grafit. Prin formarea arcului, metalul se topește. Termocuplurile platin + platin-rodiu se sudează cu arc de curent continuu format între doi electrozi de cărbune (8—15 mm diametru) pentru a se evita carburarea electrozilor.

Locul de răsucire a termoelectrozilor se presară înainte de sudură cu borax și nisip. În arcul electric se folosește o cădere de tensiune de 30 V

Scanned with OKEN Scanner

iar conectarea la rețelele de curent continuu se face prin reostatul de reglare.

Electrozii din metale obișnuite se decapează cu acid azotic, acid clorhidric și clorură de cupru și se spală cu apă fierbinte și apă rece curgătoare, apoi se răsucesc și se pot suda în baie de clorură de bariu topită, cu curent electric sau în praf de criptol și antracit granule de 1—2 mm. Sudura oxiacetilenică se poate folosi sub strat de borax și nisip de cuarț. După sudură se cufundă capul activ în apă pentru a se desprinde boraxul. Se izolează termoelectrodul și se conectează la bornele mufei. Tecile pentru termocuplul platin + platin-rodiu se tratează cu apă regală fierbinte, se spală cu apă distilată și se încălzesc la 1 200°C pentru a nu conține rodiu.

Termocuplele fără tecile exterioare de protecție se supun verificărilor.

Tecile de protecție se sudează cu electrozi obișnuiți sau aliați cu înveliș, folosind curent continuu și legînd polul plus la electrod pentru grosimi de material sub 3 mm și polul minus pentru grosimi de material peste 3 mm. Știuțurile se încălzesc la 300°C înainte de sudură. Tecile de oțel se fac rezistente la căldură prin alitare, adică saturare artificială a materialului cu aluminiu și crearea unei pojghițe superficiale de oxid de aluminiu. Proba hidraulică a tecilor de protecție se face la o presiune de 5 sau 60 kgf/cm^2. Tecile de porțelan ale termocuplelor de platin, platin-rodiu se lipesc cu chit refractar, fabricat pe bază de argilă, șamotă, feldspat și silicat de sodiu, care rezistă pînă la 800°C. Teaca se curățâ înainte de montare și se încălzește pînă la incandescență pentru a arde resturile de chit. Izolarea vîrfului activ al termocuplului în teaca de protecție se face cu bucșă specială de șamot și porțelan. Termocuplul nu trebuie să apese pe bucșă fiindcă la încălzire se pot forma tensiuni mecanice care pot distruge termocuplul. Capul termocuplului este prevăzut cu o garnitură și material de umplere a presetupei. Pe bucșa capului se indică polaritatea termoelectrozilor, iar pe capul termocuplului se matrițează notația convențională a termocuplului, gradarea termocuplului, temperatura regimului de durată, presiunea maximă admisibilă a mediului de măsurat, anul și luna reparației.

Verificarea termocuplelor se face prin măsurarea rezistenței cu o punte simplă de curent continuu, la conectare directă și conectare inversă. Valorile admisibile depind de lungimea termocuplului, grupa și diametrul (3,2 mm CA și CC și 0,5 mm PP) conform tabelei 8.6.

Tabela 8.6

Lungimea, în mm	500	750	1 000	1 250	1 500	2 000
	Rezistența, în Ω, la 20°C					
CA (cromel-alumel)	0,07	0,10	0,13	0,18	0,20	0,27
CC (cromel-copel)	0,08	0,13	0,16	0,21	0,25	0,38
PP (platină-platină)	0,75	1,13	1,50	1,88	2,25	3,00

Scanned with OKEN Scanner

Încercarea izolației se face cu megohmmetrul la tensiunea 500 V, temperatura 20 ± 1°C, umiditatea aerului 60—70%, trebuind să se obțină cel puțin 2 MΩ.

Verificarea polarității se face cu milivoltmetrul care la încălzire va trebui să dea indicații spre dreapta. Caracteristicile de gradare ale termocuplului se verifică prin comparație cu termocuplul model în schemă cu un milivoltmetru și un potențiometru. Se așază vîrful comun al termocuplurilor în mijlocul cuptorului, capetele reci se cufundă în vas Dewar umplut cu gheață care se topește și a cărui temperatură se controlează cu un termometru. Cuptorul electric trebuie să aibă o variație a temperaturii în cuptor de 1—2°C în 5 min. Se citesc forțele termoelectromotoare ale termocuplului de gradat și a termocuplului model la fiecare 100°C făcînd la fiecare punct de temperatură cel puțin patru citiri ale forței termoelectromotoare.

Termocuplul model se controlează cu milivoltmetrul de laborator. Nu se admite verificarea simultană a termocuplelor cu domenii de utilizare diferite. Cu ajutorul tabelei standard de gradare se determină temperatura vîrfului activ al termocuplului după forța termoelectromotoare a termocuplului model. Forța termoelectromotoare a termocuplului de verificat se determină prin media aritmetică a celor patru citiri și se corectează în funcție de temperatura reală a capătului liber. Se stabilește diferența între forțele electromotoare care pentru termocuplul PP trebuie să fie de maximum ± 0,01 mV pînă la 300°C și $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ mV peste această temperatură în timp ce la termocuplurile CA, CC, FC și MC se admite o eroare de ± 1%. Pentru a stabili întrebuințarea în ansamblu a termocuplului și a milivoltmetrului se fac trei citiri în jurul diviziunilor scării în citire directă și inversă la aparat și la termocuplul model și trebuie să se obțină o diferență mai mică decît 2,5% pentru aparatul din clasa 1,5 și 3,5% pentru aparatele din clasa 2,5.

Milivoltmetrele pot prezenta următoarele defecte:

— frecări ale sistemului mobil;
— dezechilibrarea sistemului mobil;
— agățarea arcurilor spirale;
— micșorarea intensității fluxului magnetic prin cadru.

Pentru verificare se conectează la bornele aparatului o sursă cu tensiune reglabilă și se execută operații similare cu cele de la repararea logometrelor, plus următoarele:

— lipirea bucșelor de cadre în funcție de sensul de bobinare;
— verificarea polarității și a conductibilității sistemelor mobile;
— lipirea arcurilor spirale după decapare cu acid oxalic (5%), spălarea cu apă și uscarea;
— echilibrarea milivoltmetrului se face la diviziunea zero a scării;
— rezistența cadrului se măsoară prin metoda compensației cu ajutorul punții simple de precizie în curent continuu sau cu potențiometrul portativ de laborator.

Coeficientul de temperatură al rezistenței aparatului definit ca $\alpha = 0{,}04\ R_c/R_a$, unde R_a este rezistența milivoltmetrului și R_c rezistența

cadrului trebuie să aibă valorile în funcţie de clasa aparatului, ca în tabela 8.7.

Dacă realmente se depăşesc aceste valori se înlocuiesc arcurile spirale cu altele mai slabe şi se măreşte valoarea R_a prin rebobinarea bobinei suplimentare. În lipsa potenţiometrelor de laborator se poate folosi metoda comparaţiei cu un milivoltmetru modern de clasă 0,5.

Tabela 8.7

Clasa	0,5	1,0	1,5
α	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$

Milivoltmetrele înregistratoare se repară prin demontarea sistemului cinematic a barei fixe şi a barei căzătoare. Sistemul de măsurare se revizuieşte şi se curăţă. Benzile de culoare se recondiţionează cu dibutil-ftalat.

Milivoltmetrele de contact au acelaşi sistem de măsurare ca şi milivoltmetrele înregistratoare şi reglarea lor se face cu ajutorul receptoarelor poziţionale de blocare, minimale, maximale sau normale.

Milivoltmetrul din cadrul regulatorului electronic se repară prin acordarea şi reglarea generatorului. Cadrul se execută din sîrmă de cupru cu diametrul $0{,}09 \pm 0{,}003$ mm cu 265 ± 4 spire şi $80 \pm 4\ \Omega$ rezistenţă. Raza de curbură a vîrfurilor este 35—45 mm, iar a lagărelor de agat este 150—200 mm. Rezistenţele în formă de bobină se execută bifilar din sîrmă de manganin de 0,15—0,35 mm, iar magnetul trebuie să aibă fluxul magnetic minim 20 000 Mx.

Bobina de comandă este sub formă de spirala lui Archimede şi se face din sîrmă de cupru emailată de 0,4 mm, cu un pas de 2—3 mm. Generatorul lucrează cu o triodă de joasă frecvenţă care îndeplineşte funcţia de generator de înaltă frecvenţă, detector pentru convertirea variaţiei de amplitudine a oscilaţiei de înaltă frecvenţă în variaţii ale componentei continue şi redresor pentru alimentarea înfăşurării releului cu componenta continuă a curentului anodic, care variază în funcţie de poziţia steguleţului ecran faţă de bobina de inductanţă a circuitului de grilă. Generatorul se acordează astfel, ca la pătrunderea steguleţului în intervalul bobinei de comandă, să se producă autoexcitarea generatorului şi să genereze oscilaţii de înaltă frecvenţă. La pătrunderea steguleţului ecran în întrefierul bobinei de comandă pe grila tubului apare o mare tensiune negativă, curentul anodic scade la 5 mA, ceea ce duce la declanşarea releului şi deconectarea contactului cu mercur. La ieşirea steguleţului ecran din bobină oscilaţiile se amortizează, negativarea grilei scade, curentul anodic creşte la 25 mA, releul se anclanşează şi contactul de mercur se închide. Aparatul cu trei poziţii are două bobine de comandă şi două generatoare care acţionează două relee electromagnetice.

Dacă valorile curentului anodic diferă mult de la valorile prescrise (5 sau 30 mA) se acordă generatorul cu ajutorul condensatorului de capacitate variabilă şi eventual schimbarea condensatorului cu mică (de la 100 la 150 F) sau eliminarea din schemă a condensatorului cu mică (6 F) de la soclul tubului.

Scanned with OKEN Scanner

Controlul final al milivoltmetrelor reparate constă din următoarele operaţii:

— stabilirea bunei stări a sistemului de măsurat;
— verificarea desenului scării;
— verificarea izolaţiei milivoltmetrului (rigiditatea dielectrică, izolaţiaţia circuitelor);
— verificarea funcţionării corectorului şi opritorului;
— verificarea echilibrării sistemului mobil cînd se înclină aparatul cu 5°;
— determinarea timpului necesar pentru amortizarea milivoltmetrului (8, 12 sau 20 s);
— determinarea erorii fundamentale a variaţiei indicaţiilor milivoltmetrului;
— determinarea coeficientului de temperatură a rezistenţei milivoltmetrului;
— verificarea distanţei dintre ac şi cadran şi a poziţiei acului faţă de tachet;
— verificarea erorii dispozitivului de calcul (maximum $\pm$ 0,3% din lungimea scării);
— verificarea constantei aparatului de nul (mai mică decît $3 \cdot 20^{-6}$ A pe diviziune);
— verificarea coincidenţei înregistrărilor din diagramă cu indicaţiile de pe scară;
— verificarea vitezei de deplasare a benzii de înregistrare;
— verificarea calităţii înregistrării şi a comutării aparatului;
— verificarea funcţionării întrerupătoarelor de blocare şi cele poziţionale.

Potenţiometrele electromecanice automate se pot defecta din următoarele cauze:

— baterie descărcată, polaritate inversată sau contacte slabe în circuit;
— circuite exterioare cu rezistenţe prea mari (peste 30 Ω la reostat cu fir simplu sau 18 Ω la reostat cu fir dublu);
— micşorarea intensităţii fluxului magnetic în cadru;
— şuntarea în circuitul electric al galvanometrului de nul;
— contact slab în circuitul termocuplului sau vibrare excesivă a aparatului;
— ruperea benzilor de suspensie;
— măsuţa cu trepte se gripează în lagăre;
— comutatorul cu mercur este spart sau are fisuri.

Calculul schemei pentru valori ale forţei termoelectromotoare sub 20 mV şi curent în circuitul pilei uscate 10 mA se face presupunînd curentul în partea de jos a punţii 2 mA pentru a se folosi aceeaşi rezistenţă independent de domeniul de măsurare şi care serveşte la compensarea erorii de măsurare datorită încălzirii capetelor libere. Calculul se face pentru temperatura de 20°C şi sînt două regimuri de temperatură 20—60°C şi 20—80°C. Pentru compensarea temperaturii căderea de tensiune în

Scanned with OKEN Scanner

această rezistenţă trebuie să varieze contrar forţei termoelectromotoare a capetelor libere.

Se calculează şi celelalte rezistenţe ţinînd seamă de limitarea curentului ce trece prin elementul normal, cea mai bună amortizare a galvanometrului de nul în timpul conectării etc. Bobinele confecţionate se montează pe reostat. Dacă pentru gradare este cerută o scară atipică se calculează schema, se confecţionează bobinele cu caracteristicile din calcul şi se montează reostatul. Se conectează în locul bobinei de compensare o bobină de manganin de rezistenţă egală şi apoi se execută reglarea mecanică a aparatului. Cu ajutorul potenţiometrului model se aplică forţa termoelectromotoare corespunzătoare temperaturilor iniţiale şi finale şi variind rezistenţele se potrivesc indicaţiile şi se verifică gradarea.

Potenţiometrele electronice automate se pot defecta din următoarele cauze:

— defecţiuni de alimentare a aparatului;
— perturbări în concordanţa de faze a alimentării părţii motoare;
— defecţiuni ale motorului sincron;
— întreruperi în circuitul transformatorului de forţă;
— defectarea părţii redresoare sau amplificatoare;
— întreruperi în bobinajul transformatorului de ieşire;
— defecţiuni ale motorului reversibil;
— întreruperi în circuitul elementului normal;
— puneri la pămînt în circuitul termocuplului;
— griparea reductorului motorului;
— pierderea puterii de emisie a unuia din tuburi;
— dereglarea comutatorului vibrator.

Voltmetrul electronic măsoară tensiunile continue din amplificatoarele electronice utilizînd variaţia curentului anodic sub influenţa tensiunii care se măsoară şi care se aplică între catod şi grila de comandă. Aparatul de măsurat este un miliampermetru magnetoelectric sensibil, alimentat de la orice redresor care asigură tensiunea redresată de 300 V la un curent de 60 mA. Calculul rezistenţelor din aparat se face pornind de la valoarea rezistenţei divizorului.

În voltmetru se montează rezistenţe din clasa de precizie $\pm$ 5% cu puterea dispersată maxim admisă 0,25 W şi nu se admit rezistenţe a căror valoare variază cu timpul. Pentru măsurarea tensiunilor alternative se utilizează redresoare de cuproxid sau seleniu.

Verificarea amplificatorului constă din:

— verificarea rezistenţelor din schema electrică şi rezistenţa izolaţiei faţă de pămînt;
— verificarea tensiunilor continue şi alternative în diferite puncte ale scării.

Etajul convertizor transformă componenta necompensată a forţei termoelectromotoare în valori proporţionale forţei electromotoare alternative. Motorul reversibil realizează procesul de compensare mişcînd cursorul reostatului cu fir. Comutatorul vibrator polarizat produce în înfăşu-

Scanned with OKEN Scanner

rarea secundară a transformatorului o forță electromotoare alternativă care este în fază sau în opoziție de fază cu tensiunea rețelei în funcție de sensul curentului de dezechilibru al circuitului de măsurare. Acest fapt determină sensul de rotație al motorului reversibil care deplasează cursorul reostatului. Amplificarea tensiunii se face în trei etape cuplate prin rezistențe. Există un amplificator de putere care comandă curenții care trec prin înfășurările secundare ale motorului reversibil.

Înainte de verificarea generală a valorii rezistențelor și regimurilor tuburilor se face revizia exterioară și verificarea generală a stării organelor separate. Tuburile trebuie înlocuite după un an de funcționare făcînd o măsurare exactă a curentului anodic și comparînd caracteristicile tubului cu cele nominale. Condensatorii electrolitici pot prezenta următoarele defecte: străpungeri, curenți de scurgere mari și pierderea capacității. Rezistențele se măsoară cu ohmmetrul și se admite o abatere de $\pm$ 20% pentru rezistențele ceramice și $\pm$ 10% pentru rezistențele înfășurărilor la transformatoare și motoare.

Cu ajutorul voltmetrului electronic se măsoară tensiunile între diferitele puncte ale schemei amplificatorului cu intrarea amplificatorului scurtcircuitată. Tuburile pot avea următoarele defecte: filament întrerupt, scurtcircuit între electrozi, ruperea conductorilor de legătură cu electrozii, reducerea emisiei, apariția gazului în balon. Se admite o abatere a curentului anodic de la valoarea lui nominală cu 15—20% din cauza neuniformității caracteristicilor. Se poate stabili tubul defect și prin verificarea zero-ului electric al amplificatorului.

Cu lampa de control se verifică circuitele interioare ale potențiometrelor pe baza schemelor de principiu și montare a părților de măsurare și acționare a aparatului. Reglarea comutatorului vibrator se face pentru a asigura funcționarea corectă a potențiometrului și se realizează cu ajutorul oscilatorului catodic, căutînd să se obțină imagini cu liniile de sus și de jos egale ca lungime și puncte luminoase cu diametrul de cel mult un milimetru amplasate în dreptul liniilor imaginare verticale care leagă începutul și sfîrșitul liniilor luminoase.

După schimbarea tuburilor se reglează sensibilitatea prin aplicarea în locul termocuplului a unui potențiometru portativ care dă o tensiune corespunzătoare mijlocului scării potențiometrului electronic. Un aparat cu schemă sensibilă trebuie să oprească acul în dreptul diviziunii corespunzătoare după 2—3 oscilații. Sensibilitatea variază între 3 și 20 mV și se reglează rotind axul regulatorului de sensibilitate pînă se obțin oscilații amortizate.

Gradarea se începe cu verificarea zero-ului mecanic adică stabilirea poziției acului indicator față de diviziunea inițială a scării. Urmează reglarea curentului în schema de măsurare. Se face reglarea începutului și sfîrșitului scării potențiometrului electronic și se controlează cîteva diviziuni intermediare la care eroarea nu trebuie să depășească $\pm$ 0,5%, altfel reostatul cu fir se înlocuiește.

După verificarea tuturor elementelor schemei electrice a aparatului și montarea corectă a ansamblurilor mecanice se pune la punct mecanismul

de reglare a potenţiometrului electronic. Intervalul de reglare poate fi modificat după voinţă în limitele a 20% din valoarea maximă a scării. Verificarea se face conectînd trei lămpi care trebuie să se aprindă şi să se stingă succesiv cînd temperatura se abate cu ± 1% din valoarea nominală.

La ieşirea din reparaţie a potenţiometrelor automate se fac următoarele probe:

— revizia exterioară (asamblare, notaţii, contacte, integritatea pieselor, funcţionare cinematică);

— verificarea stabilităţii zero-ului mecanic şi electric al aparatului;

— verificarea echilibrării galvanometrului de nul (la înclinare cu 5°, abatere maximă o diviziune);

— încercarea izolaţiei aparatului (la 1 500 V timp de un minut şi rezistenţa 2—10 MΩ),

— verificarea timpului necesar de parcurgere a scării (să fie mai mic de 82—83 s),

— verificarea funcţionării comutatorului şi a mecanismului de înregistrare polipunctuală (comutarea şi înregistrarea trebuie să se facă în al treilea ciclu de 3,6 s de la stabilirea indicaţiei),

— determinarea erorii şi variaţiei indicaţiei (eroarea fundamentală admisă ± 0,5%, variaţia indicaţiilor 0,5%, eroarea suplimentară pentru variaţia de temperatură de la 0—40°C maximum ± 0,2%).

După verificare se întocmeşte procesul verbal şi se trimite la verificarea de stat împreună cu aparatul. Dacă avem îndoieli asupra motorului se măsoară rezistenţa înfăşurărilor înainte de conectare la reţea şi după 6 ore de funcţionare, calculîndu-se încălzirea motorului cu formula

$$S = 250 \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right)$$

şi care nu trebuie să depăşească 60°C.

Verificarea calităţii înregistrării se face conectînd rezistenţe caracteristice echivalente termometrului şi punctele nu trebuie să se abată de la linie cu mai mult de 1 mm, iar liniile înregistratoare trebuie să fie plasate la distanţe egale în lotul benzii înregistratoare. Acest lucru se obţine prin varierea tensiunii aplicate de la sursa de tensiune reglabilă. Verificarea mecanismelor de conectare se face cu scopul de a constata dacă durata de conectare are o abatere mai mică de ± 10% din valoarea prescrisă (1—7 s) şi dacă ciclul are o durată prescrisă 15, 30, sau 120 s cu o abatere de ± 10%.

Pirometrele cu radiaţie se pot defecta datorită următoarelor cauze:

— murdărirea lentilei obiectiv;

— atingeri între foiţele pilei termoelectrice;

— telescopul nu este bine îndreptat spre radiator;

— zero mecanic al milivoltmetrului nu este potrivit;

— distanţa de la telescop la radiator nu este corectă;

— caracteristicile electrice ale milivoltmetrului s-au schimbat;

— defectarea potenţiometrului automat.

Reglarea milivoltmetrului se face aplicînd o tensiune la borne de 20 ± 0,05 mV și avînd o rezistență a aparatului de 170 ± 0,5 Ω. La deviația maximă a aparatului, curentul care trece prin cadrul aparatului trebuie să fie cuprins între 110 și 117 A.

Reglarea telescoapelor se face cu o plăcuță de nichel încălzită cu curent electric pînă la temperatura de 1 200—1 300°C și avînd o diafragmă de azbest cu diametrul de 60—62 mm. Temperatura plăcii de nichel se controlează cu pirometrul de radiație model instalat la distanța de 1 ± 0,1 m și legat la potențiometrul de compensare.

Determinarea erorii fundamentale se face citind din sută în suta de grade temperaturile în intervalul 700—1 300°C. Eroarea nu trebuie să depășească ± 1,5% din limita superioară a indicațiilor aparatului, adică ± 27°C. Pentru întregul complet se admite o eroare de ± 2% dacă se lucrează cu potențiometrul automat sau ± 3% dacă se lucrează cu un milivoltmetru din clasa 1,5. Eroarea suplimentară cauzată de variația temperaturii mediului înconjurător nu trebuie să depășească ± 18°C de fiecare 10°C abatere a temperaturii mediului de la +20°C.

Rezistența de izolație a circuitului electric la o umiditate relativă a mediului de cel mult 80% la temperatura maximă de 35°C trebuie să fie de cel puțin 10 mΩ.

Pirometrele optice se pot defecta datorită următoarelor cauze:

— micșorarea vidului în globul lămpii pirometrice;

— filtrul de absorbție este murdar;

— slăbirea fluxului magnetic al magnetului permanent din voltmetru;

— defectarea reostatului (murdărie, uzura periilor, dezlipirea de pe soclu);

— contact slab în circuitul electric sau întreruperi în circuitul voltmetrului;

— arderea lămpii pirometrice;

— întreruperi în circuitul acumulatorului.

Se va da o mare atenție la curățirea lentilei obiectivului. Lămpile pirometrice cu incandescență se utilizează pînă la temperatura de strălucire de 1 400°C căci altfel se schimbă caracteristica lămpii și aparatul trebuie gradat din nou. Reostatul se face din sîrmă de nichelină sau constantan. Aparatul indicator este un voltmetru magnetoelectric cu rezistența de 340—450 Ω, arc spiral cu un moment de 100 mg · cm la o răsucire de 90° și tensiunea de 170—175 mV pentru o deviere completă.

Gradarea se face folosind drept radiator o lampă pirometrică și executînd egalizarea strălucirilor. Cu ajutorul unui potențiometru se măsoară căderea de tensiune în lampa pirometrică. Se introduce în cîmpul vizual filtrul de absorbție și se execută egalizarea strălucirilor la temperaturi între 1 000—1 400°C. Cu ajutorul datelor obținute la măsurarea făcută cu filtrul de absorbție se calculează slăbirea pirometrică care se corectează prin înmulțirea cu coeficientul de culoare. Temperaturile obținute se raportează la gradele scării internaționale de temperatură. Eroarea fundamentală a pirometrului optic nu trebuie să depășească ± 21°C pentru

Scanned with OKEN Scanner

scara 1 400°C şi ± 30°C pentru scara 2 000°C. Variaţia indicaţiilor pentru înclinarea cu 45° nu trebuie să depăşească ± 10°C. Timpul necesar pentru liniştirea aparatului indicator nu trebuie să depăşească 8 s.

8.4. REPARAREA DEBITMETRELOR

Diafragmele trimise la reparat se revizuiesc pentru a constata starea orificiului de trecere şi corespondenţa orificiului cu datele teoretice. Se pot constata următoarele defecte:

— rotunjirea muchiei de intrare a orificiului;
— mărirea diametrului orificiului;
— strîmbarea diafragmei;
— degradarea marginii orificiului pe partea de intrare a curentului în diafragmă;
— murdărie şi depuneri pe partea de intrare a curentului în diafragmă.

Calculul de verificare a diafragmei reparate se face în următoarele etape:

— se alege valoarea teoretică a debitului corespunzînd la 2/3 din deviaţia acului;
— se alege căderea maximă teoretică în milimetri coloană de apă sau mercur;
— se alege formula teoretică pentru calculul parametrului ajutător x;
— din valoarea lui x se calculează raportul d/D;
— se determină numărul lui Reynold şi coeficientul de corecţie a viscozităţii k_v;
— se determină debitul şi căderea de presiune minimă;
— se determină factorul de corecţie datorită destinderii mediului după diafragmă;
— se determină coeficientul de debit în funcţie de rugozitatea conductei;
— se corectează parametrul ajutător cu aplicarea coeficienţilor;
— se determină coeficientul iniţial de debit;
— se face calculul de verificare a debitului maxim.

În afară de diafragmele normalizate se pot întîlni şi diafragme disc care se calculează de asemenea cu ajutorul graficelor.

Manometrele diferenţiale folosite la debitmetre se defectează din următoarele cauze:

— ventilul de egalizare nu ţine;
— conducta de presiune mare nu este etanşă;
— legătura greşită a manometrului diferenţial cu diafragma;
— neetanşarea axei flotorului sau a ventilelor;
— înţepenirea supapei de siguranţă în vasul cu flotor;
— defecţiuni ale motorului sincron;
— acumularea condensatului în conductele de legătură sau existenţa aerului în ele;
— defectarea transmiţătoarelor electrice.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă este nevoie să se modifice manometrul diferențial pentru o altă cădere maximă se confecționează vas nou pentru presiunea mică folosind pentru calculul diametrului relația

$$d = D\sqrt{\frac{S}{H-S}}\ \text{mm}, \tag{8.3}$$

în care:

D este diametrul vasului cu presiune mare, în mm;
S — cursa maximă a flotorului, în mm;
H — căderea nouă de calcul, în mm col Hg.

Scările plane circulare se calculează determinînd unghiul corespunzător debitului cu relația

$$\alpha = \frac{Q^2}{C}, \tag{8.4}$$

în care:

Q este debitul corespunzător diviziunii;
α — unghiul de deviere a acului corespunzător debitului;
$C = \frac{Q_{max}}{\sqrt{\alpha_{max}}}$ — constanta scării calculată la maximum de deviație.

Pentru reetalonare se schimbă scara și vasul de presiune mică dacă este nevoie de schimbarea căderii maxime.

La reglare se așază manometrul diferențial după nivelă și aparatul secundar după cumpănă. Se evită lipirea pistonului plonjor de pereții bobinei de inducție.

După executarea verificărilor generale se fac următoarele operații:
— verificarea mersului liber al mecanismului;
— verificarea echilibrului mecanismului;
— verificarea suspensiei pistonului plonjor;
— verificarea întîrzierii indicațiilor.

Reglarea aparatului se face după o potrivire preliminară prin următoarele operații:
— aducerea glisierelor din culise în poziție mediană;
— micșorarea căderii la zero;
— aducerea acului și a peniței la zero;
— crearea în camera de presiune mare, a căderii maxime (pneumatic sau hidraulic);
— micșorarea căderii la zero și reglarea punctului inițial;
— potriviri succesive ale punctului maxim și inițial;
— verificarea diviziunilor intermediare cu punctele roșii de reper;
— reglarea unghiului de rotație a discului de fricțiune;
— verificarea contorului timp de 3 ore.

La ieșirea din reparație a debitmetrelor se face revizia eliminatorie și apoi:
— verificarea indicațiilor debitmetrului;

Scanned with OKEN Scanner

— calculul de control al dispozitivului de strangulare;
— verificarea mecanismului de înregistrare;
— verificarea mersului diagramei.

Eroarea fundamentală admisă pentru debitmetre cu manometru diferențial este de la ± 1,5% pînă la ± 2,5%. Diferența indicațiilor nu trebuie să depășească jumătate din eroarea fundamentală, dacă se ciocănește sau dacă temperatura mediului variază de la ± 10 la 60°C. Eroarea mecanismului diagramei aparatului trebuie să fie mai mică de 75 s în 6 ore.

8.5. REPARAREA MANOMETRELOR

Manometrele se pot defecta datorită următoarelor cauze:
— neetanșeitatea sau murdărirea sistemului;
— defecțiuni ale dispozitivului de indicare și înregistrare;
— defecțiuni ale sistemului de transmitere și amplificare a indicației.

Repararea manometrului începe prin îndepărtarea plombei, montarea la presă pentru a produce presiune și a urmări funcționarea aparatului la creșterea și scăderea presiunii. Dacă se constată o deformație remanentă mai mare decît jumătatea erorii fundamentale se procedează la demontarea aparatului.

Pozițiile mecanismelor pe suport se înseamnă cu rizuri. Se examinează resortul tubular din punct de vedere al etanșeității și al aspectului exterior. Dacă este nevoie să se înlocuiască resortul se încălzește locul lipiturii pînă la topire și se separă resortul de suport. Se stabilește porțiunea de resort care trebuie înlăturată prin tăiere cu bomfaierul și după ajustare se introduce în locașul umplut cu sare de bucătărie fin pisată. Se udă locul lipiturii cu soluție de colofoniu în alcool sau acetonă și peste deschidere se așază o fîșie din aliaj de lipit.

Ciocanul de lipit se curăță cu colofoniu pur, se cositorește și apoi se execută lipirea evitînd încălzirea excesivă a resortului. După terminarea lipirii se spală resortul cu apă pentru a îndepărta sarea. Se alege un dop și se sudează de resort în vederea efectuării controlului calității lipiturii. Se efectuează apoi curățirea resortului tubular cu pînză de șmirghel fină, pînă la lustru.

Mecanismul se demontează pentru curățire în benzină curată și examinarea axului roții dințate, sectorului etc. Se efectuează verificarea jocurilor mai ales la sector. La montaj se fixează plăcile și se alezează orificiile lagărelor pînă se obține un mers liber al sectorului și al roții dințate. Se asigură paralelismul axelor prin scoaterea materialului surplus la montanți.

Se verifică angrenarea sectorului cu roata dințată la fiecare capăt și la mijlocul sectorului și se lungesc spițele sectorului prin lovituri de ciocan pînă se reduce jocul. Culisa sectorului se îndreaptă cu un ciocan de lemn pe o suprafață metalică netedă. Resortul se așază în ordine și se fixează cu prizon conic cu crestătură de fixare în axul roții dințate. Celălalt capăt se fixează la montant cu un prizon similar. Manometrele cu desti-

Scanned with OKEN Scanner

naţie comună au resortul înfăşurat spre a da contact roţii dinţate pe partea stîngă a dintelui sectorului.

Manometrele speciale instalate pe aparate chimice care vibrează au montaj invers pentru a asigura apăsarea dintelui roţii pe partea dreaptă a sectorului, astfel ca să se poată constata defecţiunile, creşterea uzurii şi a evita arătarea unei presiuni superioare celei efective. Se unge mecanismul cu ulei de ceasornic şi se montează în carcasă.

Desenarea scării manometrului se face cu respectarea următoarelor condiţii:

— diferenţa între două diviziuni nu trebuie să fie mai mare ca 20% din valoarea diviziunii celei mai mari a scării;

Tabela 8.8

Clasa	1	1,5	2,5	4	6
Lungimea, în mm	250	150	100	60	40

— lungimea minimă a scării trebuie să fie conform tabelei 8.8;

— cadranele vizibile de la distanţă vor avea lungimea minimă a scării dedusă din cifrele de mai sus prin înmulţire cu un coeficient numeric egal cu distanţa în metri la aparat minus doi.

După montarea mecanismelor de măsurat de transmisie, inclusiv cadranul, se face reglarea aparatului la o presiune preliminară egală cu 10% din limita superioară a scării şi la presiunea normală. Se pot constata următoarele cazuri de dereglare a manometrului:

— eroarea indicaţiilor creşte proporţional cu creşterea presiunii;

— eroarea indicaţiilor creşte neproporţional cu creşterea presiunii;

— erorile indicaţiilor la limita superioară şi la începutul scării nu depăşesc limitele admise, iar la mijlocul scării depăşesc toleranţa;

— erorile indicaţiilor se află în limite admisibile pe tot cuprinsul scării afară de un punct unde eroarea iese din limitele de toleranţă.

Cînd eroarea creşte proporţional se reglează manometrul prin creşterea sau scurtarea braţului, deplasînd glisiera pe culise. La creşterea neproporţională reglarea se face prin schimbarea lungimii dispozitivului de ghidare sau prin rotirea în sens contrar acelor unui ceasornic a mecanismului pentru a obţine un unghi ascuţit între dispozitivul de ghidare şi culise. Dacă eroarea este maximă la mijlocul scării se face reglarea complexă a glisierei, a culisei şi a unghiului de aşezare a mecanismului. În cazul erorii într-un punct se modifică angrenarea dintre roata dinţată şi sector prin rotirea roţii cu cîţiva dinţi înainte sau înapoi. Manometrele cu resort tubular de destinaţie generală vor avea maxime admisibile de 1,5, 2,5 sau 4%, iar în cazuri speciale cu resoarte de alte construcţii se obţin erori de 0,5, 1 sau 6%. După reglare se scoate scara de reglare şi se montează cadranul.

Repararea manometrelor cu membrană trebuie să se facă cu mai multă atenţie fiindcă cursa membranei este de numai 1,5—2 mm pe cînd deplasarea extremităţii resortului tubular este de 6—12 mm. Nu se admite lipirea

Scanned with OKEN Scanner

membranelor şi se confecţionează cu atenţie garniturile de plumb care etanşează.

După reparare se face revizia exterioară eliminatorie privitoare la:

— starea manometrului, coroziune, murdărie, filet, niplu etc.;

— indicarea unităţii de măsură, clasa aparatului, numărul şi seria, mediul în care lucrează;

— protecţia anticorozivă şi vopsirea în culoarea convenţională;

— orificiul de evacuare a gazelor în caz de rupere a resortului;

— revenirea la divizunea zero cu o deviere de jumătate din eroarea admisibilă;

— trasarea liniei roşii în cuprinsul treimei a doua a scării.

Verificarea manometrelor se face cu aparate model avînd presiunea maximă mai mare decît a aparatelor de verificat şi o eroare admisibilă (clasa de precizie) de patru ori mai mică decît eroarea admisibilă a aparatului care se verifică. Manometrele pentru presiuni pînă la 1,5 kgf/cm^2 se verifică cu ajutorul aerului comprimat, iar peste această presiune se utilizează ulei de vaselină sau ulei de ricin. Pentru manometrele de oxigen lichidul de transmisie este apa.

Aparatele din clasele 1, 1,5 şi 2,5 se verifică pentru cinci diviziuni repartizate uniform pe cuprinsul întregii scări în timp ce aparatele din clasele 4 şi 6 se verifică numai la trei diviziuni, iar cele din clasa 0,5 la 10 diviziuni.

Verificarea indicaţiilor se face prin citirea pe aparatul care se verifică sau prin citirea după aparatul model. Se face verificarea la presiune crescîndă, se menţine timp de 5 min. la presiune maximă şi apoi în ordine inversă. Citirea indicaţiilor se face la fiecare diviziune de două ori: o dată după crearea presiunii şi apoi după ciocănirea carcasei aparatului. După verificare presiunea se reduce încet la zero şi se notează poziţia acului aparatului verificat. Manometrele pentru oxigen se prezintă la verificare degresate şi în cursul acesteia se verifică cu o seringă avînd apă fierbinte şi hîrtie de filtru curată dacă nu au rămas urme de ulei ce apar pe luciul apei sau ca pete pe hîrtia de filtru uscată.

8.6. REPARAREA ANALIZOARELOR DE GAZE

Analizoare electrice de gaze. Repararea constă în confecţionarea elementelor cu braţe ale analizorului din alamă, fir de platin şi arc de platin-iridiu. Sîrma de platin are diametrul 0,04 mm, iar sîrma de platin-iridiu are diametrul 0,1 mm. Lipirea arcului de platin-iridiu la tija de contact se face cu flacără de hidrogen obţinut în aparat Kipp şi folosind drept arzător un ac de seringă. Sîrma de platin se lipeşte pe o bandă de crom-nichel cu o bucată de argint pe suprafaţă şi care se încălzeşte electric cu un curent de 1,2—1,3 A pînă la topirea argintului. Se apropie argintul topit de punctul de contact al firului cu arcul. Elementul cu braţ confecţionat se încălzeşte timp de 72 ore pentru îmbătrînire cu ajutorul curentului de 0,5 A şi după aceea se aşază sub o calotă pentru a evita variaţiile bruşte

de temperatură. Cu ajutorul punții simple de curent continuu se măsoară rezistența elementului, pentru a se face corecția de variație a temperaturii. Valoarea curentului de alimentare a punții trebuie să fie maximum 90 mA cînd rezistența elementului cu braț variază în limitele 6,4—7,2 Ω.

La montare ansamblul se compune din două perechi de elemente cu brațe care se montează în camerele de gaze, respectiv în camerele de aer.

Între rezistențele brațelor trebuie să existe relația:

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_1}{R_4} \qquad (8.5)$$

în care:

R_1 și R_2 sînt elementele camerelor de aer;

R_3 și R_4 — elementele camerelor de gaz.

Se admite o diferență de 0,2% între membrii egalității.

Înainte de montarea elementelor cu brațe în camerele blocului se verifică:

— lipsa corpurilor străine în canale;
— finețea prelucrării interioare și a pereților camerelor;
— potrivirea piuliților de strîngere;
— dimensiunile bucșei izolante;
— precizia de execuție a garniturilor de etanșare făcute din plumb.

Așezarea elementelor cu brațe se face cu capetele tijelor de contact spre interior. La elementele cu brațe se lipesc firele de ieșire, se asamblează schema punții, se alimentează cu un curent de 40 mA și se încălzește puntea timp de 5 min. Dacă pentru echilibrarea punții este nevoie să se rotească reostatul de zero din poziția mediană cu mai mult de 36° se înlocuiește puntea.

Dacă deplasarea cursorului reostatului este mică se face echilibrarea la curent prin mărirea curentului la 400 mA, timp de 10 min și se verifică dacă dezechilibrarea punții la acul galvanometrului de nul deviază de la zero cu cel mult ± 25 diviziuni a cîte 1,9 A. În caz de abatere, se face echilibrarea prin întoarcerea elementelor cu braț pentru gaz sau aer. După echilibrare bucșele izolante ale elementelor cu braț din camerele de gaz se umplu cu lac de bitum și se usucă în termostat 2 ore la 60°C. Apoi blocul se asamblează, se verifică din nou la dezechilibru după curent și la etanșeitatea camerelor.

Blocul verificat și cu gazele emanate suflate de o pară de cauciuc se montează în receptor pentru gradare, la temperatură și presiune normală folosind amestecuri sintetice de CO_2, O_2 și H_2.

Analizoarele care au compensare semiautomată a influenței temperaturii exterioare prin rezistență de nichel conectată în serie cu cadrul ampermetrului se reglează pentru temperatura 20 ± 3°C.

Camerele și uscătorul receptorului de CO_2 a analizorului de gaze se afundă în baia cu soluție de sodă caustică 5% pentru ca prin fierbere timp de 2 ore să se curețe camerele de bachelită. Apoi se fierb o oră în apă caldă și se spală cu apă rece.

Scanned with OKEN Scanner

Elementele cu braţ se spală în baie de alcool. Camerele pentru elementele cu braţ se şlefuiesc şi la nevoie se acoperă din nou cu un strat de plumb, după care se spală cu alcool şi se usucă. Bucşele izolante şi piuliţele inelare trebuie să asigure jocul optim, iar suprafeţele de contact se ung cu pastă (66,7% colofoniu şi 33,3% ceară). Datorită pastei la montaj se încălzeşte blocul în etuvă pînă la temperatura de 70°C pentru înmuierea ei şi umplerea spaţiilor. În uscător se introduc 2 g anhidridă fosforică (P_2O_5) apoi se închide etanş şi se încălzeşte în etuvă la 40°C timp de 36—48 ore.

Tijele de contact se cositoresc chimic după degresare 30 min în soluţie de sodă caustică 10% şi spălare cu apă rece prin fierbere 90 min în soluţie de tartrat acid de potasiu 70%, clorură de sodiu 30%, în care s-au introdus 10 g cositor sub formă de aşchii fine. După cositorire se spală cu apă curată şi se usucă. Firele de platin se sudează la sîrmele de platin-iridiu cu picături de aliaj de argint în flacără de hidrogen evitînd recoacerea sîrmei sub acţiunea flacării. Firele se supun îmbătrînirii prin încălzire cu un curent de 0,5 A timp de 72 ore urmată de călire la culoarea vişinie închisă.

Receptorul analizorului $CO+H_2$ se repară cu mijloace similare plus următoarele:

— restabilirea capacităţii catalitice a elementului cu braţe prin permutarea elementelor din camerele de gaz şi aer sau prin recoacerea elementului cu braţe din camera de gaz în flacără de alcool curat. Se poate face recoacerea şi cu un curent electric de 1,0—1,2 A timp de un minut, folosind un acumulator de 4 V, un reostat de 10 Ω şi un ampermetru de 2 A. Se poate restabili provizoriu capacitatea catalitică cu o bucată de vată muiată în amoniac şi pusă la ajutajul de aer suplimentar;

— executarea elementului cu braţe din sîrmă de platin cu diametrul 0,08 mm lipită cu aliaj de aur la arcuşul făcut din sîrmă de platin-iridiu de diametrul 0,5 mm. Toate elementele cu braţe se recoc cu ajutorul curentului şi li se determină rezistenţa care nu trebuie să prezinte diferenţe în cadrul aceleiaşi punţi mai mari ca 0,05Ω;

— gradarea receptorului se face cu amestec sintetic $CO+H_2+$aer sau H_2+aer, introducînd un coeficient de corecţie în funcţie de procentul de hidrogen;

— se verifică rezistenţele permanente (schema punţii, reţeaua pentru stingerea excesului de curent şi rezistenţa adiţională a milivoltmetrului);

— se verifică echilibrarea schemei punţii alimentînd cu un acumulator de 6 V şi conectînd un galvanometru de nul;

— se verifică timpul de slăbire a echilibrului termic şi indicaţiilor;

— se verifică timpul de începere a reacţiei;

— se verifică timpul de revenire a acelor la zero;

— verificarea curentului cu măsurarea potenţiometrică pe rezistenţă model;

— verificarea influenţei temperaturii de 50°C după încălzire timp de 2 ore;

— verificarea izolaţiei cu megohmmetrul la tensiunea de 500 V.

Scanned with OKEN Scanner

Se consideră reparate bine, aparatele care vor îndeplini următoarele condiții:

— eroarea fundamentală $\pm$ 2,5% pentru analizoarele CO_2 și $\pm$ 4% pentru analizoarele $CO+H_2$ la o temperatură a mediului ambiant de 20 $\pm$ 5°C;

— timpul de stabilire a echilibrului termic mai mic de 10 min;

— începutul reacției ansamblului după maximum 15 s de la conectarea gazelor dacă există o depresiune de 30—40 mm col. apă;

— timpul de stabilire definitivă a indicațiilor aparatului să fie mai mic decît 2 min de la pătrunderea gazului în receptor;

— durata de revenire la zero după deconectarea gazelor nu trebuie să fie mai mare de 5 min;

— la variația indicațiilor pentru 10°C variația temperaturii mediului nu trebuie să depășească $\pm$ 0,3%;

— rezistența izolației trebuie să fie de minimum 3 MΩ;

— întîrzierea stabilirii indicațiilor din cauza conductelor exterioare de gaze nu trebuie să depășească 15 s pentru fiecare metru de conductă de gaze cu diametrul interior de 8 mm.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. *Андерс В. Р., Пантаев Н. Ф.* **Автоматическое регулирование процессов переработки нефти, Гостоптехиздат, Москва, 1954.**
2. *Астахов В. А.*, **Проектирование и монтаж установок контроля и автоматики в нефте — — газоперерабатывающей промышлености, Гостоптехиздат Москва Ленинград, 1952**
3. **Автоматизация химической промышлености, Издателство Академии Наук СССР, Москва 1955**
4. *Brown G. S., Campbell D. P.*, Principles of Servomechanisms, Wiley, New-York, 1948.
5. *Ceaglske N. H.*, Automatic Process Control for Chemical Engineers, John Wiley & Sons Inc., New-York, Chapman & Hall Limited, London, 1956.
6. *Haines J. E.*, Automatic Control of Heating and Air Conditioning. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc., New-York, Toronto, London, 1953.
7. *Hengstenberg J., Sturm B., Winkler O.*, Messen und Regeln in der chemischen Technik, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1957.
8. *Hornauer W.*, Industrielle Automatisierungstechnik, VEB Verlag Technik, Berlin, 1955.
9. *Oppelt W.*, Kleines Handbuch Technischer Regelvorgänge, Verlag Chemie GMBH Weinheim/Bergstr., 1956.
10. *Perry J. H.*, Chemical Engineer's Handbook. Mc. Graw-Hill Publishing Comp. Ltd., New-York, London, Toronto, 1950.
11. *Rhodes T. J.*, Industrial Instruments for Measurement and Control, Mc. Graw-Hill Book Comp., Inc., New-York, London, 1941.
12. *Скачиков А. С.*, **Контроль и регулирование в шинном производстве, Госхимиздат, Москва, Ленинград 1951**
13. *Солокольников В. В.* **и др., Основы автоматического регулирования, Машгиз, Москва, 1954.**
14. *Toperverh N. I., Serman M. I.*, Aparate termotehnice de măsurat și reglat întrebuințate în uzinele metalurgice, trad. din l. rusă, Ed. Tehnică, București, 1954.
15. **Выбор и применение контрольно-измерительных приборов на нефтеперерабатывающих заводах, Гостоптехиздат, Москва, 1949.**
16. *Voronov A. A.*, Elementele teoriei reglării automate, traducere din l. rusă, Ed. Tehnică, București, 1957.
17. *Badea L.*, Standardizarea, VIII, Nr. 10, 13, 1956.
18. *Badea L.*, Standardizarea, VIII, Nr. 11, 5, 1956.
19. *Badea L.*, Metrologia aplicată, Nr. 12, 11, 1956.
20. *Balls B. W.*, Trans. Soc. Instr. Tech., 5, Nr. 1, 20, 1953.
21. *Beaudry L. A., Ross S. D.*, Chem. Eng. Progress, 50, Nr. 10, 483, 1956.
22. *Broida V.*, Mesures, 21, Nr. 224, 37, 1956.
23. *Broida V.*, Génie chimique, 76, Nr. 2, 33, 1956.
24. *Cantuniari I., Rișcă M., Badea L.*, Revista de Chimie, VIII, nr. 8, 528, 1957.
25. *Howard G. E.*, Canad. Chem. Processing 40, Nr. 4, 107, 1956.
26. *Kund W.*, Chem. Techn. 6, 10, 533, 1954.
27. *Pollard A.*, Chemical and Process Engineering 35, Nr. 11, 339, 1954.
28. *Papp Șt., Badea L.*, Metrologia aplicată, Nr. 1, 26, 1957.
29. *Rișcă M., Badea L.*, Metrologia aplicată, II, Nr. 5, 18, 1955.
30. *Rișcă M., Badea L.*, Metrologia aplicată, II, Nr. 6, 26, 1955.
31. **Трапезников В. А., Известия Академии Наук СССР, Nr. 10, 1450, 1950.**
32. *Williams T. J.*, Petroleum Refiner 35, Nr. 6, 141, 1956.

Scanned with OKEN Scanner

1
[illegible]

Procură

Subsemnatul Oarză Lucian
deleg prin prezenta, pe Tov. Civrea
Dan, pentru ridicarea drepturilor
mele băneşti pe luna septem-
brie 1962. Posed buletinul de iden-
titate seria C Nr. 221698

27-IX-62

[illegible]

Procură

Subsemnatul Oarză Lucian, deleg prin prezenta, pe tov. Ciorea Dan pentru ridicarea drepturilor mele băneşti ~~pe lunar sep~~

Posed buletinul de ident.

seria C Nr. 221658

27-IX-62

Oarză